المسح الهندسي

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

الجزء الاول

تاليف

و. سكوفيلد

تعريب

المهندس رياض شعلان



الطبعة الثانية ـ بغداد ـ 1986

للطبعة الثانية الصادرة سنة 1978



المسح الهندسي

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

الجزء الاول

تاليف

و. سكوفيلد

تعريب

رياض شعان

مهندس استشاري

عضو مشارك في جمعية المهندسين المدنيين البريطانية

مدرس في قسم المساحة بمعهد تكنولوجيا بغداد سابقا

تعريب للطبعة الثانية المنشورة سنة 1978 **الطبعة الثانية بغداد 1986**

تقـــديم

تصفحت كتاب (المسح الهندسي) لمؤلفه و· سكوفيلد والـذي قـام بترجمته الاستاذ المهندس رياض شعان ووجدت ان ما بذله المترجم من جهـود في ترجمة الكتاب قضى فيها فترة ليست بالقصيرة متخطيا كل المشاكل والصعوبات ليضمن من خلال الترجمة المحافظة على محتوى ومضمون الكتاب وبشكل يسهل علـى القارىء استيعاب مادة الكتاب · كانت جهودا تستحق التقدير وقد كان المترجم امينا كل الامانة في ترجمته ·

ان صدور هذا الكتاب سيسد جزءا ولو صغيرا من الفراغ الكبير في المكتبة العربية في هذا الحقل وسيستفاد منه الطالب والعامل في الحقل الهندسي على حد سواء ، آملا ان يكون الخطوة الاولى في مسار العمل الطويل للمترجم راجيا لـه دوام التوفيق ·

المهنـدس
فؤاد محمد علي الحكيم

معاون مدير عام
المنشأة العامة للمساحة ــ بغداد

مقدمة المؤلف

الغاية من هذا الجزء هو مساعدة الطالب في التحضير للامتحانات المختلفة التي يدخل فيها موضوع «المسح الهندسي» ، وقد بذل جهد كبير في تحديد حجم هذا الكتاب وابقاء المحتوى شموليا قدر الامكان بدون تقليل من المادة المقدمة • وقد قسم كل فصل الى قسمين يحوي القسم الاول التحليل النظري والثاني يحوي أمثلة محلولة وتمارين لشرح تطبيقات القسم النظري • وقد تم اختيار الامثلة المحلولة باعتناء من مصادر امتحانية معروفة لبيان مدى تنوع التمارين في أي موضوع • كما قد تمت دراسة التمارين باعتناء كذلك اسلوب الحلول فيها فهي بنفس الدرجة من الاهمية للتحليل النظري • الى هذا الحد تم شرح طريقة حل أيه مسألة بتفصيل مسهب •

فقد تم طرح التحليل النظري باسلوب مبسط لمنح الطالب فهما كاملا للمبادىء وتطبيقات الموضوع • أما الامور ذات العلاقة بالمشاهدات الحقلية وتراكيب الاجهزة المنفصلة فقد حذفت عن عمد حيث ارتؤى بأنه من الافضل أن يتم تعلم هذه الامور في الحقل ، واعتقد بأن الاسئلة الامتحانية في الوقت الحاضر المعتبرة من قبل الكثيرين بأنها أخطاء العصر ، لازالت تؤلف صيغة قانونية للنظام بالنسبة للطالب، في الوقت الذي تؤلف فيه حلول التمارين التي تم اختيارها باعتناء جزءا أساسيا في عملية التعلم • وقد وضع في مقدمة فلسفة هذا الكتاب الناحية الاساس بالنسبة للطالب وهي اجتياز الامتحان بالمادة •

من المفروض ان يكون هذا الكتاب ذو قيمة للطلبة الذين يدرسون للحصول على شهادة البكلوريوس في الجامعة والبوليتكنيك ثم لطلبة الدبلوم العادي والعالي في أقسام الهندسة المدنية والتعدين أو هندسة البلديات • كذلك يجب أن يكون ذا فائدة الى الطلبة الذين يدخلون الامتحانات الاولى والمتوسطة لمعهد المساحين القانونيين الملكية البريطانية في قسمي مسح الارض أو مسح المعادن •

أخذت مصادر هذا الكتاب من مصادر متعددة جدا بحيث اصبح من غير الممكن تقديم الشكر لكل جهة على انفراد ، مع هذا يجب تقديم الشكر الى كل من جمعية المهندسين المدنيين البريطانية ومجلس جامعة لندن للسماح باستخدام الاسئلة الموضوعة في امتحاناتهم الحديثة •

و• سكوفيلد

مقدمة المعرب

الكتاب الذي بين يديك هو من الكتب المعتمدة في موضوع «المسح الهندسي» في الاقسام التكنولوجية التي تمنح البكلوريوس أو الدبلوم في الهندسة المدنية أو المساحة في المملكة المتحدة • كما أنه يعتبر مصدرا شاملا لمعظم المفردات الداخلة في منهاج مادة المسح الهندسي في أقسام المساحة في المعاهد التكنولوجية والجامعات العراقية والعربية الاخرى • ان أحد الاسباب التي تجعل الكتاب مقبولا بهذه الدرجة هو كثرة احتوائه على التمارين والامثلة المحلولة التي تزيد من تقريب المادة الى ذهن الطالب • كما يمكن أن يعتبر هذا الكتاب مرجعا مفيدا للمهندس أو المساح لمراجعة المواضيع التي قد تظهر له خلال حياته العملية والتي لاتكون عادة ضمن نطاق ممارسته اليومية •

عند قراءة هذا الكتاب ولاجل ايصال المعلومات المحتوية فيه كما أرادها المؤلف من الضروري ملاحظة ما يلي :

- اتبعت الارقام عربية الاصل 1 و2 و3 و4 ••• الخ •
- اثبتت الحروف الاصلية المستخدمة كرموز في توضيح الاشكال المعربة ، وحيث ان غالبية هذه الرموز A و B و C ••• الخ و α و β و γ ••• الخ هي متداولة عالميا ، فان هذا يسهل على القارىء متابعة مصادر عالمية اخرى كما يسهل مقارنة المعلومات والربط فيما بينها ، اضافة الى أن ذلك لايؤثر على المعنى العـام •

- تقرأ الرموز اعتياديا بالاتجاه العربي أي من اليمين الى اليسار الا اذا وردت داخل قوسين فتقرأ عندئذ من اليسار الى اليمين • فمثلا تقرأ الزاوية CBA أي بي سي بينما الزاوية (CBA) تقرأ سي بي اي • هـذا ان ورد ذلك ضـمن سياق الجملة العربية ، اما ان وردت هذه الحروف في معادلة او قانون مكتوب أصلا من اليسار الى اليمين فتقرأ الحروف اعتياديا باتجاهها الاصلي اي من اليسار الى اليمين وتنتفي الحاجة لادخال الاقواس ، فمثلا : $ABC = ABE + EBC$ تقرأ : زاوية أي بي سي تساوي زاوية أي بي يي زائدا زاوية يي بي سي •

- ابقيت النسب المثلثية كما هي برموزها العالمية لاتينية الاصل بسبب ان هذه الرموز هي متداولة عالميا ولهذا السبب ابقي اتجاه كتابة المعادلات الاصلي أي من اليسار الى اليمين لجعلها سلسلة مستساغة وسهلة المتابعة ، فمثلا :

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha \ \cos\beta - \sin\alpha \ \sin\beta$$

كوساين الفازائدا بيتا يساوي كوساين الفاكوساين بيتا ناقصا ساين الفا ساين بيتا **وعليه فان موقع الاشارة بديهية سيكون الى يسار المقدار دائما اينما وردت خلال الكتاب •**

- وردت بعض الرموز كـ m. للمتر و rad. أو radians للزوايا القطرية و Km. للكيلو متر و Km/h للكيلو متر/ساعة و m/s للمتر/ثانية وغيرها من الرموز المتداولة عالميا التي اقتضت الضرورة ذكرها وخاصة في تبيان وحدات نتائج المعادلات الحسابية ، فمثلا L تساوي : (متر) $L = L1 - L2 = 9.500$ m.

بالنظر لتنوع التسميات في مصادر علم المسح الهندسي في الدول العـربية المختلفة فقد دأبت على ذكر المصطلح الاجنبي بجانب التسمية العربية اينما كـان ذلك مفيدا وخاصة عندما يكون هناك احتمالا للالتباس ، كما قـد تمت مراعـاة التسميات المقرة من قبل المجمع العلمي العراقي قدر الامكان •

واخيرا ارجو ان اكون قد وفقت في تقديم هذا الكتاب الى القارىء العـربي ، راجيا من السادة المختصين بيان ملاحظاتهم الكريمة للاخذ بها مستقبلا •
والله ولي التوفيق •

رياض شعبان

المحتويات

الفصل الاول

التسوية البسيطة والتسوية الدقيقة

التسويه هي عملية ايجاد الارتفاعات لنقاط معينه على سطح الارض فوق مستوى الاسناد datum plane

1-1 التعاريف

في هذه المرحله سوف تذكر فقط تلك التعاريف التي تتعلق بالتسويه البسيطه .

خط الاسناد المساحي Ordinance Datum ، هو خط الاسناد المستخدم في المملكه المتحده[1] وهو معدل مستوى سطح البحر (m.s.l) mean sea level الناتج من القياسات المستمره خلال فترة 6 سنوات عند محطة مراقبة المد في مدينتي نيولن وكورنويل[2].

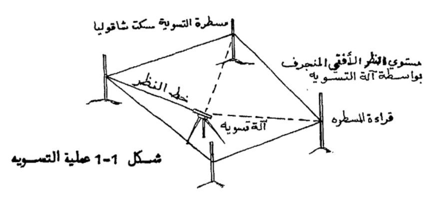
خط الاسناد المحلي Local Datum ، يستخدم خط الاسناد المحلي في كثير من المشاريع الهندسيه ، وهذا يتم بكل بساطه بواسطة تعيين علامه ثابته بأي منسوب بحيث يضمن جعل منسوب اوطأ نقطه في المشروع موجبا . فعلى سبيل المثال اذا كانت قيمة خط الاسناد المحلي 100م والعمق الى اوطأ نقطه 30م لذا يكون منسوب النقطه 70 م . فلو كان انخفاض النقطه 115 م سيكون منسوبها (‎-15.00) م . يمكن ان تؤدي الاشارات السالبه الى خطأ ويجب ان تستبعد باستخدام خط اسناد محلي مناسب .

راقم تسوية مصلحة المساحه (B.M) Ordinance Survey Bench Mark ، هو موقع علامه مثبت من قبل مصلحة المساحه يكون ارتفاعه فوق خط الاسناد المساحي (a.o.d.) معلوم . وتعطى قيم هذه الرواقم الى اقرب 0.01م .

راقم تسويه وقتي (t.b.m) ، هو اي راقم غير راقم مصلحة المساحه (B.M) .

2-1 المعدات EQUIPMENT

المعدات المستخدمه هي الات التسويه Levels و مساطر التسويه Leveling Staffs . حيث يتالف جهاز التسويه مبدئيا من منظار telescope وميزان كحولي spirit level او مقر stabilizer في حالة الات التسويه التلقائيه Automatic Levels (شكل 1-1)



شكل 1-1 عملية التسويه

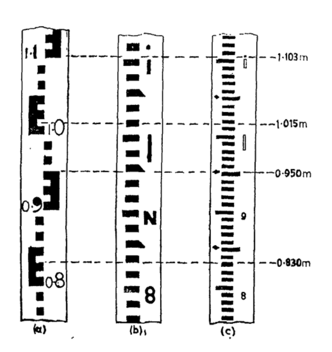
---

1 هنالك خط اسناد مساحي في كل دولة .

2 هنا معطى التعريف بالنسبة للمملكة المتحدة اما بالنسبة للعراق فان معدل مستوى سطح البحر (m.s.l.) هو الناتج من القياسات المستمرة خلال فترة زمنية معقولة في ميناء الفاو جنوب العراق

1-2-1 مسـاطر التسـويـه Staffs

تصنع مسطرة التسـويه من الخشب او المعدن ومعيّره بالامتار واعشار الامتار (ديسيمترات) . فقد تبنت منظمة المقاييس البريطانيه (B.S.I.) British Standard Institution النموذج E من المساطر التي اصغر تقسيم فيها يساوى 10 ملم ، وهذه تقرأ تقديريا الى اقرب مليمتر (مثلا 1.103 م) . ايضا تستخدم المسطره المتريه نوع سو بوذ Sopwith وهي تختلف فقط في شكل التقاسيم .



شـكل 1-2 مسـطرة مسـاحه مـتريه
(a) مسطرة مساحه متريه حسب المواصفات البريطانيه نوع E الفتره 10 ملم .
(b) نـوع سـوبوذ الفتره 10 ملم .
(c) الفـــتره 5 ملم

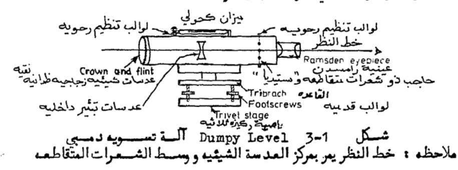
هنالك مسطره متريه اخرى مقسمه الى 5 ملم ، ولكن خبرة المولف في الانواع الثلاثه تشير الى ان هناك "اخطاء قراءه" كثيره تحدث باستخدام نوع الـ 5 ملم ، وان نوع E (المسطره المتريه للمقاييس البريطانيه) هي المفضله . وربما يكون تحسينا لو اضيف خط دقيق يؤشر موقع الـ 5 ملم على مسطرة المقاييس البريطانيه (شكل 1-2) .

2-2-1 الات التسـويه Levels

بغض النظر عن التنوع ، هناك فقط ثلاثة انواع اساسيه :

(a) الة تسوية دمي (شكل 1-3) Dumpy Level ، يكون فيه منظار الة التسويه مثبتا باحكام الى القاعده tribrach او الى طبق التسويه leveling plate حيث تسمح حركة اللوالب القدميه footscrews فوق ناصية الركيزة الثلاثيه trivet stage بجعل القاعده افقيه ، و هناك

فقاعه كحوليه spirit bubble حساسة مثبته الى جانب او فوق المنظار لضمان جعل خط النظر افقيا عندما يكون الجهاز منصوبا والفقاعه في متوسط مجال حركتها .



شكل 3-1 Dumpy Level آلـة تسـويه دمـبي

ملاحظه : خط النظر يمر بمركز العدسة الشيئيه و وسط الشعرات المتقاطعه

في الاجهزة الحديثه تبئيرا داخليا ، كذلك تعطي عدسة رامسدن العينيه Ramsden eyepiece صورة مقلوبه . كما يحوي ميدان النظر diaphram اضافة الى الشعرتين المتقاطعتين " شعرتي الستيديا Stadia hairs " للتسويه بثلاثة اسلاك three wire leveling لايجاد المسافه بشكل تقريبي . فبعد ان تثبت الة دمبي وتوزن ، يجب ان تبقى كذلك لكافة القراءات التي تؤخذ من تلك النقطه ، لذا يعتبر الجهاز مثاليا للاعمال الكنتوريه او لاي عمل يتضمن اخذ قراءات عديده قطريا لكل نصبة للجهاز . ان الحركه حول الجهاز ثم هطوله والذبذبات في الموقع .. الخ سوف تؤدي بالتاكيد الى اقلاق شاقولية الجهاز وهذا يتطلب اعادة وزنه . وكذا تكرار لاعادة الوزن سيؤدي اخيرا الى تغيير في ارتفاع خط النظر بمحصلة من الخطأ ، وعليه فانه اقل دقـة من جهاز التسويه القلاب Tilting Level الذي يوزن لكل خط نظر .

b) جهاز التسويه القلاب (شكل 4-1) Tilting Level ، في هذا الجهاز لا يثبت المنظار بالقاعده tribrach ولكنه مرتكز عادة في وسطه . وهنالك ميزان كحولي دائري مثبت على القاعده يسمح بوزن تقريبي للجهاز ، ويتم الوزن الدقيق للمنظار لكل خط نظر بواسطة لولب امالة وفقاعه طوليـه حساسه . فبالامكان تثبيت جهاز التسويه القلاب اسرع من تثبيت جهاز دمبي للاعمال التي تتضمن خطين او ثلاثة خطوط نظر فقط ، وهذه القراءات تكون عادة ادق وعليه فانه انسب لاعمال التسويه الخاصه بالمقاطع مثلا .

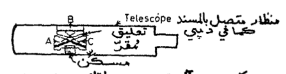


شكل 4-1 آلـة تسـويه قلابه Tilting Level

اما جهاز التسويه المكوس Reversible Level فهو جهاز تسويه قلاب يمكن تحريكه حول خط النظر معطيا قراءتين مرة تكون الفقاعة فيه الى اليسار ومرة الى اليمين ومعدل القراءتين يكون فيه خاليا من خطأ خط النظر ، كما انه يقدم طريقة سهلة للتنظيم .

c) جهاز التسويه التلقائي (شكل 5a-1 Automatic or Self-Aligning Level ،

هذا الجهاز يشبه جهاز دمبي في ان المنظار مثبت باحكام بالقاعده ، و هناك فقاعه كحوليه دائريه تسمح بوزن الجهاز بشكل تقريبي . اما الوزن الدقيق للجهاز فيتم تلقائيا بواسطة مقر stabilizer لخـط المنظـار .



شكل 5a-1 آلـة تسويه تلقائيه Automatic Level

A و B و C هي عاكسـات تعـطي صـورة معتدلـه

مزايا هذا الجهـاز على الجهازين الاخرين هي :

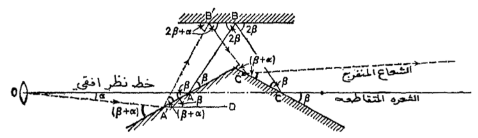
(a) ابسط بكثير في استعماله حيث انه يعطي صورة معتدله .

(b) تكون العمليات سريعة جدا وهذا يعطي اقتصادا اكبرا .

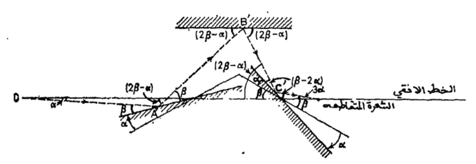
(c) ليس هناك احتمال للخطأ في وضع الفقاعه .

(d) ليس هناك احتمال لقراءة المسطره قبل تنظيم الفقاعه .

مع ان هناك سلبية واحده وهي انه لا يمكن استخدامه في موقع تحدث فيه ذبذبات كبيره بسبب الريح مثلا او اعمال الركائز .



شكل 5b-1 العاكسـات تبقى ثابته



شكل 5c-1 تتحـرك العاكسـتان A و C باتجاه عقرب الساعه بزاوية α .

يضمن المقر في جهاز التسويه التلقائي مرور شعاع الضوء الداخل من خلال الشعرتين المتقاطعتين حتى اذا كان المنظار مائلا قليلا .

في الواقع :

(a) الشعاع الداخل هو افقي .

(b) المنظار ومن ثم الموشور الثابت في B هما مائلان بسبب الوزن التقريبي الابتدائي .

(c) يبقى السطحان A و C المعلقان بحريه يصنعان زاوية ثابته مع مستوى الافق .

ولغرض توضيح القاعده ، بالامكان تصور ان :

(d) يدخل الشعاع الداخل بزاوية تساوي زاوية ميل المنظار .

(e) يبقى المنظار والموشور B افقيين .

(f) يميل السطحان A و C بنفس زاوية الشعاع الداخل .

يشـير الشكل 5b-1 الى ان شعاع الضوء (OA) يدخل المنظار عندما يكون المنظار افقيا تماما ، حيث ينعكس في A و B و C ويخرج افقيا من خلال الشعرتين المتقاطعتين . افرض الان بان المنظار هو فقط موزون بشكل تقريبي والشعاع (OA′) يدخل بزاوية تساوى α والعاكسات في A و B و C تبقى ثابتات .
وعليه فمن الشكل 5b-1 :
زاوية السقوط في A′ تساوى (β + α) وتساوى زاوية الانعكاس في A′ .
الزاويه (B′A′D) تساوى (2β + α) وتساوى زاوية السقوط في B′ وتساوى زاوية الانعكاس في B′ .
اذن زاوية السقوط في C′ تساوى (β + α) وتساوى زاوية الانعكاس في C′ .
وعليه فان شعاع الضوء سوف ينفرج عن الافق بزاوية α و يفشل في المرور من خلال الشعرتين المتقاطعتين .
فاذا اميل المنظار في الشكل 15c-1 بزاوية α ، عوض الحاله المبينه في كل من (d) و (e) و (f) .
زاوية السقوط في A′ تساوى β وتساوى زاوية الانعكاس في A′ . منها ينتج :
زاوية السقوط في B′ تساوى (2β - α) وتساوى زاوية الانعكاس في B′ .

يتبين من تفحص الشكل 5c-1 بان زاوية السقوط في C′ هي (β-2α) وتساوى زاوية الانعكاس . وهكذا فان شعاع الضوء يجتمع converge الان في الافق بزاوية (3α) وهي الزاوية التي يصنعها المقر نسبة الى الشبكيه reticule لضمان مرور الشعاع من خلال الشعرتين المتقاطعتين .

3-1 تنظيـم الجهـاز INSTRUMENT ADJUSTMENT

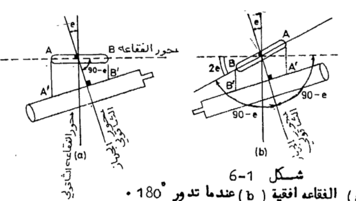
يجب ان يجرى فحص الجهاز باستمرار ويتم تنظيمه ليعطي افضل نتائج ممكنه . كذا تنظيمات تسمى تنظيمات دائميه permanent adjustments

1-3-1 جهـاز دمـبي Dumpy

لضمان جعل محور الفقاعه axis of bubble عموديا على المحور الشاقولي للجهاز ،

افحص

(a) اجعل محور الفقاعه موازيا للولبين قدميين ووسطها ، ثم ادرها بزاوية (90°) في المستوى الافقي لتاتي فوق اللولب القدمي الثالث وكرر توسيط الفقاعه باستخدام هذا اللولب القدمي فقط . كرر ذلك حتى تبقى الفقاعه متوسطة في كل من هذين الموقعين .
(b) والان اجعل الفقاعه موازية للولبين قدميين مرة ثانيه ، وبكل اعتناء وسطها . وافرض ان محور الفقاعه ليس عموديا على المحور الشاقولي ولكنه منحرفا عنه بخطأ مقداره (e) . فالحالة تصبح اذن كما في الشكل 6a-1 .
(c) دور الفقاعه في المستوى الافقي خلال زاوية مقدارها (180°) ، فالمقدار الذي تتحرك فيه الفقاعه عن الوسط يساوى ضعف خطأ الجهاز (2e) شكل 6b-1 .



شكل 6-1
(a) الفقاعه افقية (b) عندما تدور 180° .

نظم

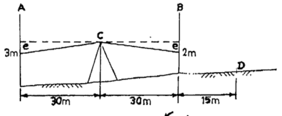
(d) رجع الفقاعه الى منتصف المسافه بين موقعها الحالي والموقع الوسطي لها باستخدام اللولبين القدميين وهذا يجعل المحورالشاقولي يتحرك مسافة (e) وينطبق على الشاقول الحقيقي . مع هذا تبقى الفقاعه منحرفه عن الافق بمقدار(e) وهكذا :

(e) رجع الفقاعه الى موقعها الوسطي برفع او خفض احدى نهايتي الفقاعه باستخدام اللوالب الرحويه المنظمه capstan screws .

افحص (وتدين)

لضمان جعل خط النظر عموديا على المحور الشاقولي عندما يكون الجهاز موزونا (اى افقيا) حقيقة :

(a) اجعل الجهاز متوسطا بين وتدين A و B المسافة بينهما 60م معطيا قراءتين ، والتكن 3.000 م في A و 2.000 م فيB كما في الشكل 7a-1 . فبفرض ان خط النظر يميل عن الافق بالمقدار e، وحيث ان هذا الخطأ يتناسب طرديا مع طول خط النظر ، ولما كان طولا خطا النظر متساويين فان الخطأ سيكون متساويا في كل من A و B ويحذف احدهما الاخر وعليه فالمعلومات المستخرجة هنا هي بكل بساطة ان A اوطأ من B بـ1.000م (لاحظ ان e تسمى " خطأ خط النظر Collimation Error ") .



شكل 7a-1

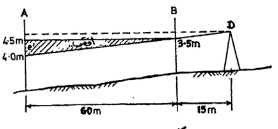
(b) والان انقل الجهاز الى D على استقامة (AB) وعلى بعد 15 م من B (شكل 7b-1) وحيث ان التسديد الان الى A و B غير متساوى ، سيكون الخطأ في A اكبر مما هو عليه في B . افرض ان القراءة في A تساوى 4.000 م وفي B تساوى 3.500م وهكذا تظهر A اوطأ من B بـ0.500م ، وحيث ان هذا ليس هو الفرق الحقيقي في الارتفاع ، يتضح بسرعه وجود خطأ في خط النظر . فلو انشيء الان خط افقي من القراءة 3.500م في B فسيؤشر الخط قراءة في A تساوى 4.500 م حيث ان A بالواقع هي اوطأ من B بـ 1.000 م . عليه يتضح بان الخطأ في خط النظر e هو 0.5م لمسافة 60م والى الاسفل . اذن فان مقدار الخطأ من موقع الجهاز في D يساوى :

$$= \left(\frac{0.5}{60}\right) \times 75 = 0.625 \text{ m.}$$

فالقراءة الحقيقيه في A من نقطة D تساوى :

$$= 4.000 + 0.625 = 4.625 \text{ m.}$$

فالقاعده اذن لايجاد اتجاه الخطأ في خط النظر هي : "اذا كان الفرق بالمنسوب اكبر من الفرق الحقيقي يكون اتجاه الخطأ الى الاعلى والعكس صحيح " .



شكل 7b-1

نظـيم

يثبت الجهاز ليقرأ 4.625م في A برفع او تخفيض (وفي هذه الحالة تخفيض) الشعرتين المتقاطعتين باستخدام اللوالب الرحويه المنظمه. لاحظ بان الفحص بطريقة الوتدين غالبا ما يؤلف سؤالا امتحانيا وعلى الطلبه اتباع الطريقة اعلاه وبذلك يستبعدون الحاجة الى تذكر المعادلات . عند اتباع هذه الطريقه، تستدعي الحاجة الى رسم المخطط الثاني فقط وبالمران حتى هذا يمكن الاستغناء عنه . فبغض النظر عن الخطأ في خط النظر ، ان كان الى الاعلى او الى الاسفل بالامكان رسمه دائما الى الاسفل ، فالارقام ستشير بوضوح الى اتجاهه اخيرا . والان سيجرى حل مثال اخر لتوضيح هذا .

مثال للفحص بطريقة الوتدين

افرض نفس المسافات كما في المثال السابق والقراءتان في A و B هما 2.850م و1.550م على التوالي بجهاز التسويه متوسطا بينهما . عندما كان الجهاز في D كانت القراءتان تساوي 3.750م في A و 1.850م في B . اوجد مقدار واتجاه الخطأ في خط النظر ، كذلك اوجد القراءة الحقيقيه في A من نقطة D .

الحـــل

a) من القراءات الماخوذة عندما كان الجهاز متوسطا ، A هي اوطأ من B بمقدار 1.300 م (حقيقي)

b) من القراءات الماخوذة من نقطة D ، A هي اوطأ من B بـ 1.900 م (خطـأ) وهكذا هنالك خطـأ في خط النظر .

c) الفرق بين (a) و (b) هو الخطـأ في خط النظر ويساوي 0.600م .

d) من القاعده المذكوره سابقا يتضح بان اتجاه الخطأ هو الى الاعلى ، وهكذا فان خط النظر هو عالٍ بمقدار 0.6 م لمسافة 60م .

الخطـأ في خط النظر لمسافة 75م " المسافه (AD) " يساوي 0.750 م .

القراءة الحقيقيه في A من نقطة D تساوي : $= 3.750 - 0.750 = 3.000$ m.

كما هو واضح فقد تم حل السؤال بدون اية رسومات . الفرق بين القراءتين الخطأ والصحيحه يعطي مقدار الخطأ في خط النظر ، كما وان " القاعده " تعطي الاتجاه .

2-3-1 جهاز التسويه القلاب Tilting Level

نظريا ، اول فحص يجب اجراؤه هو على الفقاعة الدائرية الصغيره لهذا الجهاز وكما تم شرحه بالنسبة لجهاز دمبي Dumpy، مع هذا فانه بصورة عامة يهمل . اما الفحص بطريقة الوتدين فانه يتم بنفس الطريقه لجهاز دمبي تماما ولكن اسلوب التنظيم يختلف ، فالجهاز ينظم ليقرأ القيمة الحقيقيه على المسطره باستخدام لولب

الاماله لرفع او خفض خط النظر line of sight ، وهـذا يؤدي بالفقاعه الطوليه الحساسه ان تتحرك عن موقعها المتوسط . بعدها تصحح الفقاعه باستخدام اللوالب الرحويه (لاحظ الاختلاف بالتنظيم عن جهاز دمبي) .
هنالك تنظيم ثالث وهو لجعل لولب الاماله tilting screw في متوسط موقعه عندما يكون الميزان الكحولي متوسطا والمحور الشاقولي حقيقة شاقوليا .

الفحـــص

اجعل الميزان الكحولي موازيا الى لولبين قدميين ووسطه . دور الجهاز بزاوية (180°) ثم ازل اي حركه للفقاعه عن الوسط ، نصفا بواسطة اللولبين القدميين ونصفا بواسطة اللوالب الرحويه المنظمه . كرر العمليه فوق اللولب القدمي الثالث حتى تبقى الفقاعه متوسطه لاي موقع للمنظار . والان ارخ الصامولة القافله للولب الاماله وحركه الى الاعلى او الى الاسفل حتى الوصـول الى الموقع الوسطيه بعدها شد الصامولة القافله . عادة يشير تطابق علامات التدريج الى الموقع الوسطي . يتم هذا الفحص فقط عندما تقتضي الحاجه وفي كـذا حـالات يجب ان يتم قبل الفحص بطريقة الوتدين .

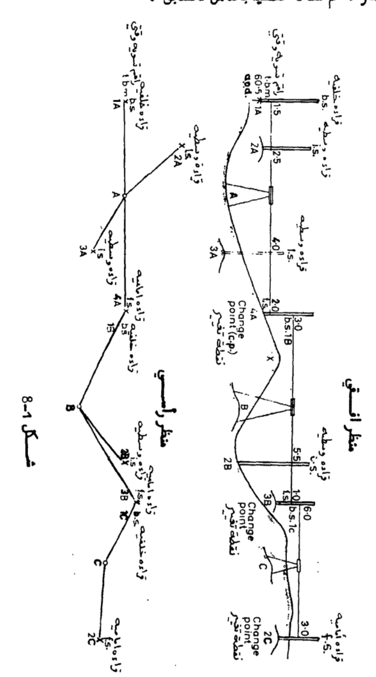
1-3-3 جهـاز التسـويـه التلقائي Automatic Level

الفحص الاول هو كما موضح بالنسبة لجهاز دمبي ، و يجب ان يجرى على الفقاعة الدائريه لآلة التسويه التلقائيه حيث ان الخطأ نصفه يحذف بواسطة اللوالب القدميه و النصف الاخر باللوالب الرحويه للفقاعه ، وفي هذه الحا يجب ان تكون الفقاعه منظمه باستمرار ، وبخلافه فان مقرّ الجهاز يمكن ان يعصي او يعطي قراءات مغلوطه . فالمقرّ يعطي ادق القراءات عندما يكون قرب وسط حركته وهكذا يتطلب ان تكون الفقاعة الدائريه منظمه لكي تحافظ على اقل حركه للمقرّ . في اعمال التسوية الدقيقه يجب ان تتوسط الفقاعه بدقه في المركز .
يجب ان يكون مستوى تذبذب البندول للمسطحين حرّ التعليق موازيا لخط النظر وبخلافه سيحدث خطأ ضئيل بالمقابل ، و هكذا اذا كان للفقاعه خطـأ عرضيا transverse error وان المنظار موجه دائما بنفس الاتجاه في كل نصبه فان التوجيه الخلفي (b.s) back sight سيتضمن دائما مقدارا من الخطأ وان نفس الخطأ يحدث في التوجيه الامامي (f.s) fore sight ولكن بعلامة معاكســـه .
فلو فرضنا ان الخطأ في التوجيه الخلفي هو (+e) والخطأ في التوجيه الامامي هو (-e) ، وحيث ان القراءة الاماميه دائما تطرح من الخلفيه ، فان الخطأ يصبح : $= +e - (-e) = 2e$
ولتجنب هذا التراكم في الخطأ القياسي systematic error يجب وزن المنظار عندما يكون موجها الى الخلف ثم تؤخذ القراءتين الخلفيه والاماميه ، بعدها يعاد وزن المنظار عندما يوجه الى الامام و تعـاد القراءات ثانية ، فمعدل النتائج يكون خاليا من خطأ المقر stabilizer error . تكون هـــذه الاعمـال فقط ضرورية بالنسـبة للتسـوية الدقيقـه .
كذلك يجرى الفحص بطريقة الوتدين كما مبين سابقا وينظم خط النظر line of collimation بتحريك الشعرتين المتقاطعتين الى اعلى والى اسفل بنفس الطريقه المتبعه في جهاز دمبي .

1-4 مبـدأ التسـويه PRINCIPLE OF LEVELING

ينصب الجهاز في A كما في الشكل 1-8 وهو الموقع الذي يكون فيه ممكنا التوجيه الى راقم تسويه وقتي (t.b.m.) حيث اول توجيه يكون الى مسطرة التسويه الموضوعة شاقوليا على راقم التسويه الوقتي في A، هذه تســـمى

قراءة خلفيه (b.s) back sight التي تكون قيمتها الوقتيه 1.5 م والتي ستدخل في العمود المناسب في دفتر التسويه ، ويطلق على التوجيهين الاخرين الى النقطتين (2A) و (3A) المطلوب معرفة منسوبهما نسبة الى الـ (t.b.m) القراءات الوسطيه (i.s) Intermediate sight اللتين تدخلان ايضا في العمود المناسب لدفتر التسويه ، ويسمى اخر توجيه لهذه النصبة للجهاز الى (4A) القراءة الاماميه (f.s) fore sight . ويمكن التأكد عند مشاهدة الشكل بان هذه النقطة هي آخر ما يمكن رؤيته بهذا التوجيه . فلو ، على سبيل المثال ، كانت المسطرة قد وضعت في X لما كان بالامكان رؤيتها وكان يجب تحريكها الى اسفل المنحدر باتجاه الجهاز في A حتى تصبح مرئيه. ولما كانت القراءة الاماميه (4A) هي ابعد ما يمكن رؤيته من A فانها ايضا تسمى نقطة تغيير (c.p) change point مشيرة الى تغيير موقع الجهاز الى نقطة B ، وبذلك تصبح هي القراءة الخلفيه للنصبة الجديدة للجهاز . ثم تعاد العملية بالكامل كالسابق .



شكل 8-1

ولهذا يجب ان يبقى في الذهن بان اعمال التسوية كلها تبدأ بالقراءة الخلفيه وتنتهي بالقراءة الاماميه مع عدد كاف من القراءات الوسطية بينهما . كذلك فان نقاط التغيير هي دائما قراءات اماميه وقراءات خلفيه بنفس الوقت . ايضا ، يجب ان تنتهي التسويه الى راقم تسويه معلوم للتاكد من خطأ عدم القفـــل .

1-4-1 استخراج المناسيب Reduction of Levels

من الشكل 1-8 ، ولما كان خط النظر القادم من الجهاز هو بالحقيقه افقيا ، يصبح بالامكان اثبات ان القراءة الاعلى 2.5 عند النقطة (2A) تشير الى ان هذه النقطه هي اوطأ من راقم التسويه الوقتي بـ 1.0م معطيا منسوبا مقداره 59.5 للنقطة (2A) ، وهذا يمكن كتابته كالتالي :

= 1.5 - 2.5 = -1.0

وهذا يشير الى انخفاض مقداره 1.0 م من (1A) الى (2A) .

منسوب (2A) يســـاوي :

= 60.5 - 1.0 = 59.5 m.

بنفس الطريقه بين (2A) و (3A) ، فالقراءة الاعلى عند (3A) تشير بانها 1.5م اوطأ من (2A) ، وهكذا :

= 2.5 - 4.0 = -1.5

، انخفاض من (2A) الى (3A) .

منسوب (3A) يساوي منسوب (2A) ناقصا 1.5م ويســاوي 58.0م .

اخيرا ، القراءة الاوطأ عند (4A) تشير الى انها اعلى من (3A) بـ 2.0م وهكذا :

= 4.0 - 2.0 = +2.0

، ارتفاع من (3A) الى (4A) .

منسوب (4A) يساوي منسوب (3A) زائدا 2.0 م ويساوي 60.0 م .

والان بعد معرفة المنسوب Reduced Level لـ (4A) انه 60.0 م ، يمكن اعادة العمليه للموقع الجديد للجهـــاز في B .

2-4-1 طــــرق التســـجيل Methods of Bookings

الارتفاع والانخفاض Rise and Fall

الجزء المقتطع ادناه من التسجيل يوضح نفسه بشكل عام ، وعلى الطالب ملاحظة :

قراءه خلفيه h.s.	قراءه وسطيه i.s.	قراءه اماميه f.s.	الارتفاع	الانخفاض	المنسوب R.L.	طول المسار	ملاحظات
1 5					60·5	0	t.b.m.(60·5)1A راقم تسويه وقتي
	2·5			1·0	59·5	30	2A
	4·0			1·5	58·0	50	3A
3·0		2·0	2·0		60·0	70	change pt. 4A(1B) نقطة تغيير
	5·5			2·5	57·5	95	2B
6 0		1·0	4·5		62·0	120	change pt. 3B(1C) نقطة تغيير
		3·0	3·0		65·0	160	t.b.m.(65·1)2C راقم تسوية وقتي
10 5		6·0	9·5	5·0	65·0		checks تحقيق
6 0			5·0		60·5		Misclosure 0·1 عدم إغلاق
4 5			4·5		4·5		صحيح

(a) يجب ان تسجل كل قراءة على خط مستقل عدا القراءتين الخلفيه والاماميه لنقاط التغيير حيث تسجل القراءة الخلفيه على نفس خط القراءة الاماميه لانها تمثل نفس النقطه . وحيث ان كل خط يرمز الى نقطة مستقله ، لذا يجب تدوينها في عمود الملاحظات .

(b) كل قراءة تطرح من التي تسبقها اى : (2A) من (1A) ثم (3A) من (2A) و (4A) من (3A) ، تقف . وتبدأ هذه العمليه مرة اخرى من المحطة الثانيه للجهاز : ف (2B) من (1B) ... وهكذا .

(c) يجب تطبيق ثلاث تحقيقات مهمة جدا الى النتائج اعلاه ، وهي : مجموع القراءات الخلفيه (عمود 1) ناقصا مجموع القراءات الاماميه (عمود 3) يساوى مجموع الارتفاعات (عمود 4) ناقصا مجموع الانخفاضات (عمود 5) و يساوى آخر منسوب مستخرج (عمود 6) ناقصا اول منسوب (عمود 6) .
ان هذه التحقيقات مبينه في الجدول اعلاه ، و يجب التاكيد على انها لااكثر من تحقيقات على حسابات نتائج اعمال تسويه ، وانها لا تشير في اى حال من الاحوال الى دقة العمل .

(d) يتضح مما سبق بان التحقيقين الاول والثاني يجب اجراؤهما قبل احتساب المناسيب .

(e) خطأ الاغلاق يساوى 0.1 .

ارتفاع المحور البصرى (خط النظر) Hight of Collimation

هذه التسميه هي معطاة الى طريقة اخرى للتسجيل ، حيث تحتسب المناسيب بكل بساطة بطرح قراءات المسطره من ارتفاع خط النظر . فمثلا في الشكل 1-8 ، ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.) Hight of Plane of Collimation في A هو بديهيا (60.5+1.5) و يساوى 62.0 .
والان (2A) هي اوطأ من هذا المستوى بـ 2.5 وعليه يجب ان يكون ارتفاعها (62.0-2.5) ويساوى 59.5 . بنفس الطريقه بالنسبة الى (3A) و (4A) لتعطيان 58.0 و 60.0 على التوالي . والان تعاد الخطوات بالنسبة الى B . والجدول التالي يبين كم هي بسيطة هذه الطريقه :

قراءة خلفيه *b.s.*	قراءه وسطيه *i.s.*	قراءه اماميه *f.s.*	ارتفاع مستوى النظر *h.p.c.*	المنسوب *r.l.*	الملاحظات
1 5			62·0	60·5	t.b.m. (60·5) 1*A* راقم تسويه وقتي
	2·5			59·5	2*A*
	4·0			58·0	3*A*
3 0		2·0	63 0	60·0	change pt 4*A* (1*B*) نقطة تغير
	5·5			57·5	2*B*
6·0		1·0	68·0	62·0	change pt. 3*B* (1*C*) نقطة تغير
		3·0		65·0	t.b.m. (65·1) 2*C* راقم تسويه وقتي
10·5	12·0	6·0		65·0	checks تحقيق
6·0				60·5	Misclosure 0·1 عدم إغلاق
4·5				4 5	correct صحيح

وهكذا يمكن التوصل الى مايلي :

(1) تجمع القراءة الخلفيه مع المنسوب لتعطي ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.) .

(2) تطرح قراءات المسطره التي تلي ، من (h.p.c) لتعطي المناسيب .

(3) تعاد الخطوات بالنسبة للنصبة الثانيه للجهاز في B .

(4) هنالك تحقيقين كما فى طريقة الارتفاع والانخفاض ، اى : مجموع القراءات الخلفيه ناقصا مجموع القراءات الاماميه يساوى آخر منسوب ناقصا اول منسوب .

(5) التحقيقان اعلاه ليسا كافيين ، فمثلا عند طرح 2.5 من 62 للحصول على المنسوب 59.5 قد كتب 69.5 خطأ" ، فهذا الخطأ الذي مقداره 10.0 سيبقى غير مكتشف. وهكذا فالقراءات الوسطيه لا تحقق بهذين التحقيقين المذكورين في (4) ، وعليه يجب تطبيق التحقيق الطويل التالي : (مجموع كافة المناسيب عـدا الاول) يساوي (مجموع كل ارتفاع لمستوى النظر مضروبا بعدد القراءات الوسطيه والاماميه المأخوذة منه) ناقصا (مجموع القراءات الوسطيه والاماميه) .

فعلى سبيل المثال :

$$362.0 = ((62.0 \times 3) + (63.0 \times 2) + (68.0 \times 1)) - (12.0 + 6.0)$$
$$= 362.0$$

التسديدات المقلوبه Inverted Sights

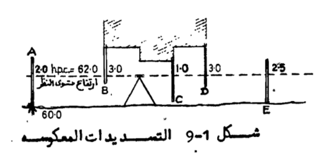
يبين الشكل 9-1 تسديدات مقلوبه في B و C و D لاسفل منشأ . فمن الواضح من الشكل بان مناسيب هذه النقاط ببساطة مستخرجه بجمع قراءات المسطره مع الـ (h.p.c) لتعطي :

B= 65.0 , C= 63.0 , D= 65.0

بعدها تستخرج E بالطريقة الاعتياديه وتساوي 59.5 .

مع هذا بالامكان تلافي مسألة خطوط النظر المقلوبه بمجرد معاملتها ككميات سالبه و يستمر بالطريقة الاعتياديه .

b.s.	i.s.	f.s.	الارتفاع	الانخفاض	ارتفاع خط النظر h.p.c.	المنسوب r.l.	الملاحظات
2·0					62·0	60·0	راقم تسويه وقتي t.b.m. A
	−3·0		5·0			65·0	B
	−1·0			2·0		63·0	C
	−3·0		2·0			65·0	D
		2·5		5·5		59·5	راقم تسويه وقتي t.b.m. E (59·55)
2·0	−7·0	2·5	7·0	7·5		60·0	
		2·0		7·0		59·5	عدم إغلاق Misclosure 0·05
		0·5		0·5		0 5	



شكل 9-1 التسديدات المعكوسه .

طريقة ارتفاع مستوى النظر h.p.c	طريقة الارتفاع والانخفاض
62·0 − (−3·0) = 65·0	ارتفاع 2·0 − (−3·0) = +5·0
62·0 − (−1·0) = 63·0	انخفاض −3·0 − (−1·0) = −2·0
62·0 − (−3·0) = 65·0	ارتفاع −1·0 − (−3·0) = +2·0
62·0 − (+2·5) = 59·5.	انخفاض −3·0 − 2·5 = −5·5

عند اجراء التحقيق تعامل الرصدات المقلوبة كأنها كميات سالبه .
فمثلا يعطي تحقيق القراءات الوسطيه بطريقة ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.) :

$$252.5 = (62.0 \times 4) - (-7.0 + 2.5)$$
$$= 248.0 - (-4.5) = 248.0 + 4.5 = 252.5$$

5-1 مقارنـــة في الطـــرق COMPARISON OF METHODS

في راي المؤلف ، يجب اتباع طريقة الارتفاع والانخفاض دائما ، بسبب التحقيقات الحسابية السهلة جدا والكاملة فيها . كذلك فان عمودى الارتفاع والانخفاض يعطيان فكرة عن طوبوغرافية الارض ، ولو ان طريقة ارتفاع مستوى النظر (hpc) تتضمن عمليات حسابية اقل خاصة عندما يكون هناك قراءات وسطية متعددة ، كما هي الحال في تسوية الاعمال التشبيكيه grid levelling ، ولو ان لها سيئة كبيرة الا وهي التحقيق المطول للقراءات الوسطيه ، مع ذلك فهي مفيدة في تثبيت المناسيب .

1-5-1 مصـــادر الخطـــأ Sources of Error

(a) المصدر الرئيس هو خطأ خط النظر المتبقي residual collimationerror للجهاز . ويمكن التحقق بالفحص بواسطة الوتدين بان هذا الخطأ يمكن حذفه بجعل المسافتين الى كل من القراءتين الخلفيه والاماميه متساويتين . وهذا يمكن تحقيقه بكل سهوله باستخدام شمرتي الستيديا لالة التسويه كما هي الحال في اعمال مسح الابعاد (تاكيومترى Tacheometry) ، ولو ان تساوى خطوط النظر في اعمال التسوية البسيطه يندر ان يتم . نظريا ، سيؤدى التساوى بين مجموعي خطوط النظر الخلفيه والاماميه الى حذف الخطأ الموجود في المحور البصرى او خط النظر collimation error ولكن الاختلافات في التبئير focussing يمكن ان تؤثر على ذلك .
(b) مسك المسطره غير الشاقولي ، يمكن حذفه بتثبيت فقاعة كحولية للمسطره او بتحريك المسطره حتى يتم الحصول على اوطأ قراءة عليها .
(c) خطأ في قراءة المسطره ، يقلل بتقصير طول خط النظر بحيث تكون القراءات على المسطره واضحه وسهلة القراءه .
(d) الغلط في قراءة المسطره ، كقراءة رقم 6 بدلا من رقم 9 ، وهكذا يجب على المسجل اعادة قراءة المسطره بعد التسجيل للتأكد من صحة التسجيل ، وهكذا يجب ان تتم لتقليل الخطأ في التسجيل ايضا .
(e) تحريك المسطره من موقعها عند دورانها لتقابل الموقع الجديد في نقاط التغيير change points . استخدام طبق تسويه للارض الرخوه levelling plate .
(f) هطول الجهاز ، ضعه على ارض صلبة واغرس الارجل بمقدار كافي وتحاشى الحركه كثيرا حول الجهاز .
(g) الاخطاء الناتجه عن الانكسارات من الطبقة الدافئه للهواء بالقرب من سطح الارض ، اجعل قراءتك على ارتفاع لا يقل عن 1.0 م فوق الارض .
يجب على الطالب ايضا ملاحظة الاخطاء التي تتحذف عند استخدام آلآت التسويه التلقائيه .

2-5-1 الدقــــه Accuracy

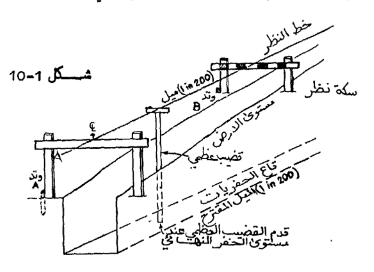
يمكن ايجاد الخطأ في اعمال التسويه فقط بغلق الدورة circuit رجوعا الى نقطة بدايتها او بالانتهاء الى رواقم تسويه اخرى معلومه ، فهذه الطريقه الثانيه يجب ان تؤخذ بحذر كون ان رواقم التسويه نفسها تحوى خطأ . فمثلا عند التسويه من راقم مصلحة المساحه BM الى راقم تسويه اخر للحصول على منسوب نهـــــائي يتفق مع منسوب ذلك الراقم ، هذا يشير الى عدم وجود خطأ في عملية التسويه . مع هذا فان مصلحــــة المساحه فقط تضمن قيم رواقم التسويه المجاوره بحدود 10 ملم . وبشكل عام يجب ان لا يتعدى الخطــأ E المقدار $12\ (K)^{\frac{1}{2}}$ ملم حيث ان K هى بالكيلومترات ، ولو انه في الاماكن التى تكثر فيها التلول وذات خـطوط نظـر قصيره فان ضـــعف المقــدار المذكور اعلاه اى $(E=24(K)^{\frac{1}{2}})$ ملم يمكن ان يكـــون اكـــثر عقلانيا . حيث ان K هي المســافة التي تم مســحها .

6-1 اعمال التسويه الخاصة بالمنشـآت CONSTRUCTION LEVELLING

سـكك النظــر (s.r) Sight Rails

غالبا ما تكّون طريقة تعيين سكك النظر لغرض السيطره على الحفريات جزءا من سؤال لموضوع التسويه وعليه ســتجرى مناقشــته في هذه المرحـــلة .

ان الغـرض من سكك النظر هو اعطاء ميل منتظم للحفريات ، فتثبت بحيث ان خط النظر من سكة نظر الى التي تليها يكون بنفس الميل المطلوب للحفريات المراد حفرها . فاذا كان خط النظر هذا هو ، على سبيل المثـال ، 2 م فوق قاع الحفريات ، فعند استخدام قضيب عظمي بطول 2 م يكون قدم القضيب في المستوى المطلوب عندما يلامس راسه خط النظر (شكل 1-10) . فالنقاط الواجب تذكرها هي :



شـــكل 1-10

(a) تثبت سكك النظر عادة بحدود 0.5 م الى 1.5 م فوق الارض .

(b) يجب ان لا تتعدى المسافة بينها الـ 100 م وهي المسافة الاعتياديه بين احواض التفتيش manholes في شبكات المجارى .

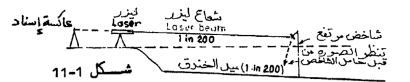
(c) يكون القضيب العظمي عادة ذا طول مقرّب الى اقرب 0.1 م .

لاحظ سكة النظر في A وافرض بان منسوب الوتد هو 40.00 م وان قعر الحفريات في هذه النقطه 38.50 م ، حيث ان راس الوتد هو 1.5 م فوق مستوى الحفر . ولما كان الـ 1.5 م هو ايضا ارتفاع معقول بالنسبة لسكة النظر في A ، عليه يتطلب الامر استخدام قضيب عظمي بارتفاع 3 م . والان بالنسبة للوتـــد

B ، افرض ان منسوبه 40.8م وعلى بعد 100م من A. حيث للخندق ميل صاعد مقداره 1 الى 200 ، عليه يكون منسوب القاع (38.5+0.5=39.00m.) . والان حيث ان طول القضيب المظمي هو 3 م لذا يجب ان يكون منسوب سكة النظر في B (39.00+3.00=42.00m.) ، ولما كان منسوب الوتد B هو 40.80م فان سكة النظر يجب ان تثبت على ارتفاع (42.00-40.80=1.20m.) فوقه .

الليزرات Lasers

تحل شعاعات ليزر محل سكك النظر لمشاريع حفر الخنادق وشبكات الانابيب الكبيره (شكل 1-11) . فيها ، يثبت هدف يمكن الروئية من خلاله "see-through target" وهدف عاكس على نفس الخط وبنفس ميل الحفريات المطلوب . حيث يتم وضع جهاز الليزر قبل البدء بالحفريات ويوجه بتمرير اشعته من خلال الهدف ومنه الى العاكس .



شكل 1-11

والان يتم رفع هذين الهدفين . اشعة ليزر تؤلف خط وسط وميلا ثابتين . والان يوضع الهدف العاكس وراء جهاز الليزر الذى بامكانه عكس شعاع الليزر و بذلك يؤلف خط اسناد ثابت قبل البدء بالعمل . فبدل القضيب المظمي يستخدم شاخص مرتفع storey pole وهذا الشاخص قابل للتنظيم وفي راسه موشور عاكس مائل وقاعه للحفاظ على شاقوليته ، وهو يستخدم بنفس طريقة الشاخص المظمي .

المحاسن Advantages

(a) الخندق خال من عراقيل سكك النظر .
(b) بالامكان تشغيلها من قبل شخص واحد .
(c) سريعه واكثر اقتصادية .
(d) تقلل من مقدار اعمال المسح .
(e) نظام مرجعي reference system خلفي يؤمن تحقيقا سريعا .

مع هذا فالنظر المباشر الى اشعة ليزر يسبب تلفا للعين ويجب تحاشيه مالم تتوفر زجاجات حامية للعين .

خوازيق الميل Slope Stakes

خوازيق الميل هي اوتاد لتعيين نقاط التقاء الارض الفعليه مع الميول الجانبيه لسدة او مقطع منوى عمله ، ففي الاشكال 1-12a و 1-12b سميت المواقع بـ A و B و ان طريقة تعيين موقعهما هي كما يلي :

(a) ثبت جهاز التسويه في موقع مناسب بحيث يسمح لتعيين اكبر عدد ممكن من النقاط .
(b) اوجد ارتفاع خط النظر (h.p.c.) للجهاز باخذ القراءة الخلفية على اقرب راقم تسويه وقتي (t.b.m.) .

(c) خذ القراءة الامامية للمسطره التي توضع حيثما يعتقد بانه موقع النقطه A ، ثم اوجد منسوب الارض هناك .

(d) اطرح منسوب الارض من " منسوب التكوين formation level " واضرب الفرق بـ N للحصول على المسافة الافقيه "x" .

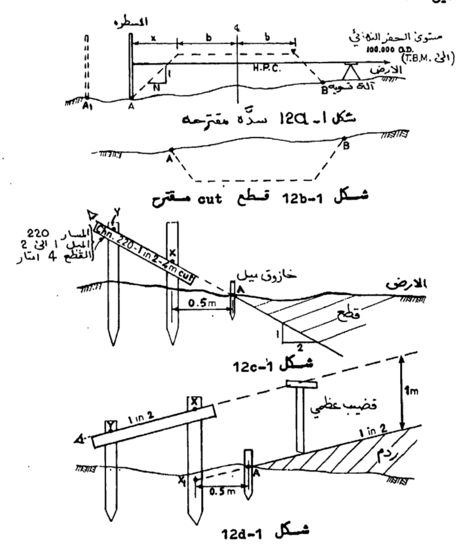
(e) والان قس المسافة الافقيه (x+b) من خط الوسط (℄) الى المسطره ، فاذا كانت المسافة المقاسه الى المسطره تساوي المسافة المحتسبه (x+b) فان موقع المسطره يكون هو موقع خازوق الميل . و بخلافه تعاد العملية بالمسطره في موقع اخر حتى تتساوى المسافة المقاسه مع المسافة المحتسبه .

فمثلا اذا كانت الميول الجانبيه للسدة المنوى انشاؤها 1 عمودى الى 2 افقي وان مستوى التكوين 100.0 م فوق خط الاسناد (o.d) ، كما وان مستوى الارض في A هو 90.5 م فوق خط الاسناد ، اذن :

$$x = 2\ (\ 100.000 - 90.500\ ) = 19.000\ m.$$

فاذا كان عرض التكوين formation width يساوى 20 م فان b تساوى 10 م و (x+b) تساوى 29.00 م .

فاذا مسكت المسطره في A_1 التي لها نفس مستوى الارض في A ، طبيعيا ، ستكون المسافة المحتسبه (x+b) لا تساوي المسافة المقاسه من خط الوسط الى A_1 . وعليه سيكون هنالك تطابقا فقط عندما تحمل المسطره الى موقع خازوق الميل A .



شكل 1-12a سدّة مقترحه

شكل 12b-1 قطع cut مقترح

شكل 12c-1

شكل 12d-1

يجب ان يتبع اسلوب " التجربه والخطأ " اعلاه دائما في الحقل لتجنب الاخطاء في قياس الابعاد من المخططات او قبول هذه الابعاد مطبوعه من قبل الحاسبه الالكترونيه بدون تدقيق .

لوحـات الميـــل Batter Boards

تستخدم لوحات الميل او سكك الميل كما حيينا يسمونها للسيطرة في انشاء الميول الجانبيه لقصّ او لردم (انظر الشكل 1-12c و 1-12d) .
خذ الشكل 1-12c ، فلو وضع الخازوق المجاور لخازوق الميل على بعد 0.5م فلتعيين الميل 1 شاقولي الى 2 افقي سيكون منسوب النقطة X اعلى من منسوب الارض في A بـ 0.25م . ثم يثبت لوح ميل من X وبميل مقداره 1 الى 2 باستخدام مثلث قائم الزاويه نسبة ضلعيه القائمين 1 الى 2 وميزان كحولي .
تكون عادة المسافة بين الخازوقين X و Y لا اكثر من متر واحد وتثبت المعلومات كطول المســـــار chainage والميل slope وعمــق القطع depth of cut على لوحة الميل .
اما في حالة السده embankment ، شكل 1-12d ، فيستخدم قضيب عظمي للسيطرة على الميل ، فبفرض ان طول القضيب العظمي المستخدم يساوي 1 م ، وحيث ان الخازوق القريب ، مثلا ، يبعد 0.5م من خازوق الميل فان النقطه x_1 ستكون اوطأ من مستوى الارض في A بمقدار 0.25م ، وعليه ستكون النقطه x اعلى من مستوى الارض في A بـ 0.75م . بعدها تثبت لوحة الميل من x بنفس الطريقة التي تم شرحها الان .

1-7 الاعمال الكنتـــوريه CONTOURING

التعريف البسيط للخط الكنتوري هو انه الخط الذي يصل كافة النقاط ذات الارتفاع او المنسوب الواحد ، وهكذا فالخطوط الكنتوريه على خارطه توضح شكل او تكوين الارض . فمثلا عندما تكون الخطوط الكنتوريـــه قريبة من بعضها فانها تمثل ارضا مائلة بقوه ، والعكس صحيح . وتستخدم الخطوط الكنتوريه من قبل المهندس لاغراض مختلفه وكما مبين في ادناه :
(a) في احتساب الحجوم .
(b) في انشاء خطوط ذات ميل ثابت .
(c) لتعيين حدود منشأ . فعلى سبيل المثال ، تبين نقاط تقاطع الخطوط الكنتوريه (خطوط ضـــرب strike lines) لميل منشأ او مقترح انشاؤه مع الخطوط الكنتوريه لارض ذات ارتفاع مماثل عندما تتصل ببعضها الحدود او مواقع خوازيق الميل للمنشـــأ .
(d) في تخطيط وقياس مساحات تصريف المياه الثقيله .

تسمى المســـافة الثابته الشاقوليه بين الخطوط الكنتوريه " الفترة الكنتوريه contour interval " ، فتعتمد الفترة الكنتوريه الملائمه في حالة او وضع ما في استخدامها على :

(a) الكلفه ، فكلما صغرت الفترة المستخدمه زاد العمل مؤديا الى كلف اعلى .
(b) الغرض من المسح ومدى امتداده purpose and extent of the survey ، عندما يراد عمل مخطط لصاميم تفصيليه او/و لقياس الاعمال الترابيه تستخدم فترة كنتورية صغيره بحدود 0.5م الى 2 م لمساحات اكبر . اما للخرائط الطوبوغرافيه بشكل عام فان الفتره ممكن ان تكون بين 5 م و 20م ، وهكذا تعتمد على مقياس الرسم المتبع وطبيعة المنطقه .

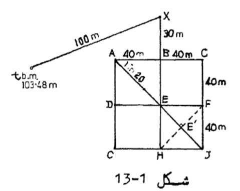
1-7-1 طـرق تعيـــين الخطوط الكنتوريـه Methods of Contouring

يمكن ان تكون المسطرة التاكيومتريه (وهي المسطره المستخدمه في قياس الابعاد) اكثر الطرق شيوعا للاعمال الكنتورية عموما . مع ذلك ، عندما يتطلب الامر دقة عاليه ، عندها يمكن استخدام جهاز تسويه ومسطرة مساحه وحسب الخطوات التاليه :

(a) الطريقة المباشره Direct Contouring ، في هذه الطريقه تثبت اوتاد على الخط الكنتوري الحقيقي للارض ويجرى مسح موقعه . بعدها تؤخذ قراءة خلفيه لراقم تسويه وقتي ويحتسب ارتفاع خط النظر للجهاز ، مثلا 34.800 ، م فوق خط الاسناد ، فان قراءة مقدارها 0.800 م على المسطره سوف تشير الى ان قدم المسطره كان على ارتفاع 34.000 م ، وبهذه الطريقه يمكن تعيين الخط الكنتوري ذي الارتفاع 34 م وتثبت اوتاد عليه على مسافات منتظمه . وبنفس الطريقه تعطي قراءة 1.800م للمسطره الخط الكنتوري ذو الارتفاع 33 م .. وهكذا . فيجرى تعيين الخطوط الكنتوريه واحدا تلو الاخر ويتم مسح مواقعها باستخدام الطرق المناسبه . وحيث ان دقة الخطوط الكنتوريه لا تعتمد فقط على دقة التسويه ولكن ايضا على دقة مواقعها وهذا يمكن ان يكون العامل المسيطر في طريقة المسح المتبعه لتعيين موقع الخط . يمكن ان تتم ايضا بواسطة السلسله او اللوحة المستويه او بواسطة الازاحات الجانبيه العموديه offsets او بانشاء خطوط قطريه polars او بتقاطع خطوط منشأة من اضلاع مضلع .

(b) الطريقة غير المباشره Indirect Contouring ، وهذه الطريقة تتضمن انشاء مربعات (مشبك grid) للمنطقه وايجاد مناسيب اركان هذه المربعات . وفترة المربعات (اى طول ضلع المربـــع) تعتمد على طبيعة المنطقه والغايه التي من اجلها تؤخذ المعلومات . كذلك فان هذا العامل الثـــاني ممكن ايضا ان يسـيطر على الدقه في تعيين المربعات . فعلى سبيل المثال ، اذا كان المشبك سيستخدم في ضبط الابعاد ايضا لاقتضى الامر ان يكون بدرجة عالية من الدقه . بعدها تتم تحشية منتظمه بين الارتفاعات على فرض ان الميل بينها هو منتظم . لتعيـــين الخطوط الكنتوريه ، وعندما يتعلق الامر باستقامة طريق ، تؤخذ المناسيب على مسافات منتظمه الى كل من جانبي خط الوسط للطريق على استقامة خطوط عمودية على خط الوسط . بعدها تستخرج المناسيب للخطوط الكنتوريه ، وهذه المناسيب ايضـا تستخدم بشكل مباشر في احتساب مساحات المقاطع العرضية لكميات الاعمال الترابيـــه .

مثـــال 1 ، في الشكل 1-13 مبين مواقع للاوتاد التي يتطلب الامر تثبيتها لانشاء صبة كونكريتية مائله . وبسبب العوارض في الموقع ، يمكن تثبيت جهاز التسويه القلاب tilting level المستخدم لتثبيت الاوتاد بمناسيبها الصحيحه ، فقط في محطة X التي تبعد 100 م من راقم التسويه . يجب ان يكون منسوب الوتد A 100 م وان يكون للصبة الكونكريتيه ميلا قطريا ثابتا من A وباتجاه J مقداره 1 الى 20 والى الاسفل . ولضمان الدقه في تعيـــين المناسيب فقد تقرر تنظيم الجهاز قبل استخدامه ، ولكن اتضح بان الالة اللازمه لتنظيمه كانت مفقوده من صندوق الجهاز . لذا فقد اجرى الفحص لايجاد اى خطأ قد يكون موجودا في ارتفاع خط النظر للجهاز ، وقد وجد بان هذا الخطأ مساويا 0.04 م لكل 100 م والى الاسفل . على فرض ان القراءة الخلفيه من المحطه X الى المسطره الممسوكه فوق راقم التسويه كانت 1.46 م ، اوجد قراءات المسطره التي يجب ان تؤخذ عندما تكون على الاوتاد في A و F و H ولاقرب 0.01 م ، لكي يتم تثبيت هذه الاوتاد بمناسيبها الصحيحه .
اشرح باسهاب الخطوات التي يجب اتباعها في تعيـــين الخطأ في ارتفاع خط النظر لآلة التســـويه القلابه . (جمعية المهندسين المدنيـــين البريطانيه)



شكل 13-1

(ملاحظه : الخط المتقاطع (HF) والمحطه E هما ليسا جزءا من السؤال)

الحـــل ، ابسط تقرب لهذا السؤال هو في احتساب القراءات الحقيقيه عند A و F و H ثم تعديلها لاحتساب الخطأ في خط النظر . باخذ خطأ خط النظر بنظر الاعتبار ، فالقراءة الحقيقية على راقم التسويه الوقتي (t.b.m.) تساوى :

= 1.46 + 0.04 = 1.50m.

h.p.c. = 103.48 + 1.50 = 104.98 m.

فالقراءة الحقيقيه عند A لتعطي منسوبا مقدار 100.00م هي 4.98 م. والمسافه (AX) تساوى 50 م " من المثلث القائم (AXB) وبطريقة الـ 3 ، 4 ، 5 " .

اذن الخطأ في خط النظر يساوى 0.02 م لكل 50م .

وبعد اخذ هذا الخطأ بنظر الاعتبار ، تكون القراءة الفعليه في A : = 4.98 - 0.02 = 4.96 m.

والان عند ملاحظة الشكل 13-1 ، يتبين بان الخط (HF) المار بالنقطه E′ سوف يكون خط ضرب .

اذن ارتفاع كل من النقطتين H و F متساوى ويساوى ارتفاع النقطه E′ .

المسافه (AE′) : $AE' = (60^2 + 60^2)^{\frac{1}{2}} = 84.85$ m.

الانخفاض من A الى E′ : $= 84.85 \div 20 = 4.24$ m.

وعليه فان ارتفاع النقطه E′ يساوى ارتفاع كل من النقطتين F و H ويساوى :

= 100.00 - 4.24 = 95.76 m.

فالارتفاع الحقيقي للمسطره عند كل من F و H : = 104.98 - 95.76 = 9.22 m.

والمسافه (XF) : $= (70^2 + 40^2)^{\frac{1}{2}} = 80.62$ m.

الخطـــــــأ في خط النظر للجهاز يساوى 0.03 متر تقريبا .

القراءة الفعليه في F : = 9.22 - 0.03 = 9.19 m.

المسافه (XH) تساوى 110م والخطأ في خط النظر يساوى تقريبا 0.04 م .

القراءة الفعلية في H : = 9.22 - 0.04 = 9.18 m.

مثـــال 2 ، لوحظت القراءات التاليه بجهاز التسويه :

1.143 (BM 112.28m.) و 1.765 و 2.566 و 3.820 (نقطة تغيير cp) 1.390 و 2.262 و 0.664 و 0.433 (c.p.) 3.722 ، 2.886 ، 1.618 ، 0.616 (t.b.m.)

(a) اوجد المناسيب بطريقة الارتفاع و الانخفاض .

(b) احسب منسوب راقم التسويه الوقتي اذا علمت بان خط النظر قد اميل الى الاعلى بزاويه مقدارها 6 دقائق وان طول المسافه الى كل قراءه خلفيه كانت 100م والى كل قراءه اماميه كانت 30 م .

(c) احسب منسوب راقم التسويه الوقتي اذا لم تكن قد مسكت المسطره شاقوليا ولكنها اميلت الى الخلف بـ 5 درجات عن الشاقول في جميع الحالات . (جامعة لندن)

الحـــل ، (a) يقع الجواب هنا في معرفة ، للمرة الثانيه ، ان التسويه دائما تبدأ بقراءة خلفيه وتنتهي بقراءة اماميه وان نقاط التغيير هي دائما نقاطا خلفية وامامية بنفس الوقت (انظر ما سبق) .
(b) بسبب الخطأ في خط النظر فان القراءة الخلفيه تحوي زيادة مقدارها ($100 \tan 6'$) . وبسبب خطأ خط النظر ايضا فان القراءة الاماميه تحوي زيادة مقدارها ($30 \tan 6'$) . وعليه فان الخطأ الصافي في القراءة الخلفيه :

$= 100 \tan 6' - 30 \tan 6' = 70 \tan 6'$

يجب ان يلاحظ الطالب بان القراءات الوسطيه ليست هي ضروريه في احتساب راقم التسويه الوقتي ، وبامكان الطالب برهان ذلك لنفسه بتغطية العمود المخصص للقراءات الوسطيه في الجدول واحتساب قيمة راقم التسويه الوقتي باستخدام القراءات الخلفيـة والامامية فقط . وحيث ان هناك ثلاث نصبات للجهاز فان مجموع الخطأ الصافي في القراءات الخلفية هو :

$= 30 \times 70 \tan 6' = 0.366$ m. (كبير نسبيا)

ومنسوب راقم التسويه الوقتي :

$= 113.666 - 0.366 = 113\ 300$ m.

(c) من الشكل 1-14 يتضح بان القراءة الحقيقية (AB) تساوي القراءة الحقيقية (CB) مضروبة بـ (cos 5) ، وعليه فان كل قراءة خلفيه واماميه يجب ان تصحح بضربها بـ (cos 5°) . مع ذلك فان هذا سيكون كضرب كل من مجموع القراءات الخلفية($\sum$ b.s) ومجموع القراءات الامامية ($\sum$ f.s.) بالمقدار (cos 5°) . وحيث ان القراءة الخلفيه تطرح من القراءة الاماميه للحصول على الفـــرق ، فالفرق الحقيقي اذن بالارتفاع :

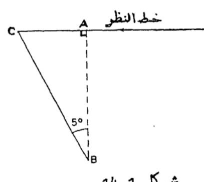
$=$ (الفرق الفعلي) $\times \cos 5°$

$= 1.386 \cos 5° = 1.381$ m.

منسوب راقم التسويه الوقتي (t.b.m.) :

$= 112.280 + 1.381 = 113.661$ m.

b.s.	i.s.	f.s.	الارتفاع	الانخفاض	المنسوب R.L.	الملاحظات
1·143					112 280	B.M راقم تسويه
	1·765			0·622	111 658	
	2 566			0·801	110·857	
1 390		3·820		1·254	109·603	
	2·262			0·872	108·731	
	0 664		1·598		110 329	
3·722		0·433	0·231		110 560	
	2·886		0·836		111·396	
	1 618		1·268		112 664	
		0 616	1·002		113 666	t.b.m راقم تسويه وقتي
6 255		4·869	4·935	3·549	113·666	
4·869			3 549		112·280	
1·386			1·386		1·386	تحقيق



شكل 1-14

مثـــال3 ، طريـــق سريع اتجاهه شمالا وعرض مسار العربات فيه 8 م بين الارصفه ، وقد اخذت المناسيب التاليه لسطحه وعلى طول مقطع له ، علما بان المسافه تزداد باتجاه الشمال . هنالك جسرا كونكريتيا بعرض 12 م ذو سطح سفلي افقي يحمل طريقا ثانويا يعترض الطريق السريع من الجنوب الغربي SW الى الشمال الشرقي NE ، حيث يقطع خط الوسط للطريق الثانوى خط وسط الطريق السريع عند طول مســـار مقداره 1550م . فاذا كان منسوب التاج (ارتفاع خط الوسط) للطريق السريع عند طول المسار 1550م يساوي 224.000م .

(a) اوجد المناسيب للقراءات المبينه في الجدول ادناه وطبّق التحقيقات الحسابيه المتبعه عليها .

(b) افرض ان سطح الطريق السريع يتكون من عدة مستويات . اوجد اقل ارتفاع شاقولي بينها وبين اسفل الجسر . (جامعة لندن)

b.s.	i.s.	f.s.	طول المسار (متر)	الموقـــع
1.591			1535	الممر الغربي
	1.490		1535	التاج
	1.582		1535	الممر الشرقي
	−4.566			اسفل الجسر*
	1.079		1550	الممر الغـــربي
	0.981		1550	التـاج
	1.073		1550	الممر الشـــرقي
2.256		0.844		نقطة تغيير
	1.981		1565	الممر الغـــربي
	1.884		1565	التاج
		1.975	1565	الممر الشـــرقي

* المسطره معكوسه

الحـــل تستخدم بالتسجيل طريقة ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.) بسبب تعدد القراءات الوسطيه .

تحقيق القراءات الوسطيه :

$$2245.723 = (224.981 \times 7) + (226.393 \times 3) - (5.504 + 2.819)$$
$$= 1574.867 + 679.179 - 8.323 = 2245.723$$

على الطالب الان ان يرسم مخططا للسؤال ويضيف كافة المعلومات الملائمه عليه كما مبين في الشكل 1-15 .

عند تمحيص الشكل 1-15 يتبين بان الطريق صاعد من الجنوب الى الشمال بميل منتظم مقداره 0.51م شاقولي لكل 15 م افقي ، وهذا يعني ان ابعد نقطه شمالا (نقطة B على الممر الشرقي) يجب ان تكون الاعلى ، مع ذلك ، وحيث ان تاج الطريق هو اعلى من الجانب ، يجب التحقق من النقطه A على التاج ، وبالامكان اهمال النقاط الاخرى .

والان من الشكل ، المسافه من طول مسار 1550 الى A على خط الوسط تساوي : $= 6 \times 2\frac{1}{2} = 8.5m.$

اذن الارتفاع بالمنسوب من طول مسار 1550 الى A : $= (0.509/15) \times 8.5 = 0.288\ m.$

اذن المنسوب في A يساوي 224.288 م معطيا ارتفاعا صافيا clearance مقداره :

$= 229.547 - 224.288 = 5.259\ m.$

المسافه من طول المسار 1550 الى B على استقامة الممر الشرقي تساوي : $= 8.5 + 4 = 12.5\ m.$

اذن الارتفاع بالمنسوب من طول مسار 1550 الى B : $= (0.510/15) \times 12.5 = 0.425\ m.$

اذن المنسوب في B : $= 223.908 + 0.425 = 224.333\ m.$

اذن الارتفاع الصافي عند B : $= 229.547 - 224.333 = 5.214\ m.$

اذن اقل ارتفاع صافي شاقولي يكون عند اكثر النقاط شمالا على الممر الشرقي ، اي عند B .

b.s.	i.s.	f.s.	h.p.c.	r.l.	الملاحظات
1·591				223 390	1535 الممر الغربي
	1·490			223·491	1535 التاج
	1·582			223·399	1535 الممر الشرقي
	−4·566			229·547	اسفل الجسر
	1·079			223·902	1550 الممر الغربي
	0·981		224·981*	224·000	1550 التاج
	1·073			223 908	1550 الممر الشرقي
2·256		0·844	226·393	224·137	c.p. نقطة تغيير
	1·981			224·412	1565 الممر الغربي
	1·884			224·509	1565 التاج
		1·975		224·418	1565 الممر الشرقي
3·847	5·504	2·819		224·418	
2·819				223·390	
1·028				1·028	يحقق

* تسمح بالبدء هنا حيث انه المنسوب الوحيد المعلوم. كذلك يبقى الواحد يطرح من (ارتفاع مستوى خط النظر h.p.c.) بالطريقة الاعتياديه رجوعاً الى 1535 متر.

تمـــاريـــن

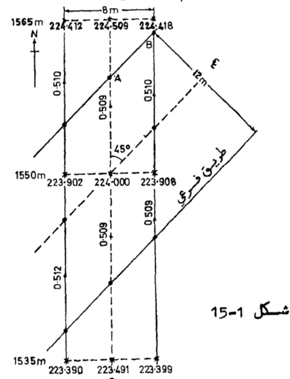
(1) اخذت القراءات التاليه بآلة تسويه ومسطرة تسويه طولها 4.25 م . خطط دفتر تسويه واوجد المناسيب بطريقة : (a) الارتفاع والانخفاض

(b) ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.)

0.683 و 1.109 و 1.838 و 3.398 و 3.877 / 0.451 نقطة تغيير و 1.405 و 3.478 و 4.039 / 1.835 نقطة تغيير و 0.649 و 1.707 و 3.722 .

ما هو الخطأ الذي يمكن ان يحدث في المنسوب النهائي final level لو ان المسطره كانت قد فتحت خطأً" وحدث فجوة مقدارها 12 ملم في المفصل عند المقطع 1.52 م . (جامعة لنــــدن)

(الجواب: فرعي (a) و (b) يحققان نفسيهما . الخطأ في المنسوب النهائي صفر . "تلميح : كافة القراءات التي هي فوق 1.52 م ستزيد بمقدار 12 ملم والخطأ في المنسوب النهائي يحتسب من راقم التسويه فقط") .



شـكل 15-1

2) لوحظت القراءات التاليه للمسطره بالتسلسل التالي عند اجراء التسويه لجانب تل من راقم تسويه وقتي يمته 135.20 م فوق خط الاسناد المساحي ،حيث كان كل موقع للمسطره اطى من الذى سبقه عدا الموقع الذى ياتي مباشرة فوق راقم التسويه الوقتي . ادخل القراءات في دفتر التسويه بطريقتي الارتفاع والانخفاض ارتفاع خط النظر (h.p.c.) . بالامكان دمج الطريقتين في جدول واحد لمنع التكرار في تسجيل القراءات :

1.408 و 2.728 و 1.856 و 0.972 و 3.746 و 2.746 و 1.597 و 0.405

3.280 و 2.012 و 0.625 و 4.136 و 2.664 و 0.994 و 3.901

1.929 و 3.478 و 1.332 . (جامعة لندن)

3) اخذت القراءات التاليه للمسطره بالامتار في اعمال تسويه على طول خط وسط طريق (ABC) حيث ان D هي اوطأ نقطه على سطح الطريق تحت جسر يمر فوق الطريق عند هذه النقطه ، وحيث ان المسطره مسكت معكوسه على السطح السفلي لعارضة الجسر في نقطة E مباشرة فوق النقطه D . اوجد المناسيب بشكلها الصحيح بطريقة معروفه مع تطبيق التحقيقات ، ثم اوجد الارتفاع الصافي بين الطريق والجسر عند النقطه D . فلو

b.s.	i.s.	f.s.	ملاحظات
2.405			A (المنسوب 250.05 م فوق خط الاسناد المساحي)
1.954		1.128	c.p. نقطة تغيير
0.619		1.466	B
	2.408		D
	-1.515		E
1.460		2.941	c.p. نقطة تغيير
		2.368	C

اعتبر الطريق كأن (AC) هو ميل منتظم ، ماذا سيكون الارتفاع الصافي بين الطريق والجسر عند النقطه D ، علما بان المسافه (AD) تساوى 240 م و (DC) يساوى 60 م . (جامعة لندن)

(الجواب : 3.923 م و 5.071 م)

4) قارن بين جهازى التسويه نوع دمبي والقلاب في التركيب وطريقة الاداء . اذكر بشكل عام اسس عمل جهاز التسويه التلقائي . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

5) اخذت القراءات التاليه بمسطرة مساحه متريه على سلسلة من الاوتاد المسافة بين الواحد والاخر 100 م على طول خط خندق مقترح . فلو تقرر ان يبدأ الحفر للخندق من الوتد A الذى عنده يكون منسوب مستوى تكوين القاع formation level 26.50 م نازلا باتجاه الوتد E بميل مقداره 1 الى 200

b.s.	i.s.	f.s.	ملاحظات
2·10			t.b.m. 28·75 m راقم تسويه وقتي
	2·85		وتد A
1 80		3·51	وتد B
	1·58		وتد C
	2·24		وتد D
1 68		2·94	وتد E
	2·27		
	3·06		
		3·81	t.b.m. 24·07 m راقم تسويه وقتي

احسب ارتفاع سكك النظر بالامتار عند كل من A و B و C و D و E اذا استخدم قضيب عظمي طوله 3 م . اشرح باختصار النواحي الفنيه والفوائد في استخدام شعاعات ليزر للسيطره بالنسبة للاعمال الاكثر دقة .

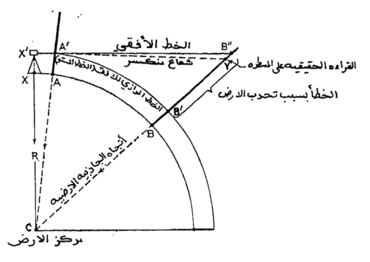
(الجواب : 1.50 و 1.66 و 0.94 و 1.10 و 1.30) .

1-7 التســوية الدقيــقه PRECISE LEVELING

الفرق بين التسوية الدقيقه والتسوية البسيطه يقع في استخدام اجهزة واســاليب اكثر تطورا .

1-7-1 تعــاريف Definitions

اضافة الى تعاريف التسوية البسيطه ، تقتضي الحاجة الى معرفة ما يلي :



شكل 1-16 .

الخط المستوى Level Line ، تصور النقطتين A و B ، تفصل بينهما مسافة على سطح الارض ولهما نفس الارتفاع فوق مستوى سطح الارض . باهمال تأثيرات الانكسار و بفرض ان الارض هي كرة تامه ستكون القراءتان من X′ الى كل من المسطرتين الممسوكتين في A و B متماثلتين . ولتحقيق ذلك يتطلب الامر ان يكون خط النظر منحنيا وموازيا الى سطح الارض معطيا قراءتين عند A′ و B′ . كذا خط يسمى الخط المستوى وهو في كل النقاط عمودى على اتجاه الجاذبية الارضيه .

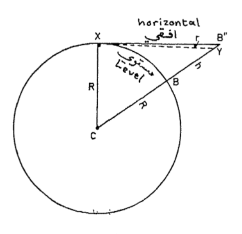
الخــط الافــقي Horizontal Line ، في الوضعية اعلاه يكون خط النظر من X′ الى B″ ويسمى بالخط الافقي . القراءة في B″ ستؤدى بمنسوب B لكي يظهر اوطأ بمقدار ($B'B''$) ، وهذا الخطأ هو بسبب تحدب الارض الذى يحتاج الى تصحيح موجب مقداره ($B'B''$) للمنسوب الظاهرى لنقطة B . مع ذلك لا يبقى الخط $X'B''$ افقيا ولكنه عرضة للانكسار ، و يعطي القراءة الفعليه للمسطره في Y ، وعليه فان تصحيح تحدب الارض يقل بمقدار السبع تقريبا .

1-7-2 التحدب و الانكسار Curvature and Refraction

التحـدب

من الشــكل 1-17 :

$$
\begin{aligned}
(XB'')^2 &= (CB'')^2 - (CX)^2 \\
&= (R+h)^2 - R^2 \\
&= R^2 + 2Rh + h^2 - R^2 \\
&= 2Rh + h^2
\end{aligned}
$$



شكل 1-17

و الان ، لما كانت المسافة الارضية (XB) صغيرة اذا ما قورنت بنصف القطر R ، لذا يمكن اعتبارها مساوية لـ (XB'') وتساوى D .

$$\therefore \quad D = (2Rh + h^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (1-1)$$

او

$$h = D^2 / (2R + h) \quad \dots (2-1)$$

في الواقع h هي صغيرة اذا ما قورنت بـ R وعليه فان h^2 في المعادله (1-1) يمكن اهمالها، وهكذا :

$$D = (2Rh)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (3-1)$$

$$h = D^2 / 2R \quad \dots (4-1)$$

الانكســـــــار

وهذه هي كمية متغيرة تتغير باختلاف درجات الحراره والضغط والموقع على سطح الارض ... الخ .
وهي تؤخذ عادة كأنها (1/7) من التحدب و تؤثر بعكس الاتجـــاه .
وهكذا فالتصحيح المزدوج للتحدب والانكسار (BY) :

$$BY = (h - r) = h'$$

$$= (h - h/7) = 6h/7 = 6D^2 / 14R \quad \dots (5-1)$$

ثم :

$$D = (14Rh' / 6)^{\frac{1}{2}} = (7 (2Rh') / 6)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (6-1)$$

خذ الان تصحيح التحدب لمسافة D كم معتبرا R نصف قطر الارض يساوى 6370 كم .

$$h = \frac{D^2}{2R} = \frac{(D \times 1000)^2}{2 \times 6370 \times 1000} = 0.0785\ D^2\ m. \quad \dots (7-1)$$

حيث تقاس D بالكيلومـــــترات .
فالتصحـــيح المزدوج لكلي التحدب والانكســـار يســـاوى :

$$= \frac{6}{7} \times h = 0.0673\ D^2\ m. \quad \dots (8-1)$$

ولو اننا هنـــا مهتمين اســـاسا بقيمة h ، ولكن الاسئلة عادة تتضـــمن ايجاد المسافة D .

مثال محلول

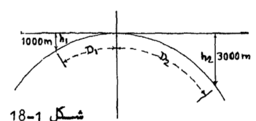
في بسط المسح التثليثي من ارض رئيسية الى جزيرة بعيدة ، اخذت رصدات بين محطتي تثليث احداهما ترتفع 3000 م والاخرى 1000م فوق سطح البحر . فاذا لامس الشعاع من محطة الى اخرى البحر ، ما هي المسافة التقريبية بين المحطتين (a) باهمال الانكسار (b) باخذه بنظر الاعتبار .(R = 6400 Km.) . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه) .

الحل ، راجع الشكل 1-18.

(a)

$$D_1 = (2Rh_1)^{\frac{1}{2}} = (2 \times 6400 \times 1)^{\frac{1}{2}} = 113 \text{ Km.}$$
$$D_2 = (2Rh_2)^{\frac{1}{2}} = (2 \times 6400 \times 3)^{\frac{1}{2}} = 196 \text{ Km.}$$

$$D = 309 \text{ Km.}$$



شكل 1-18

(b) من المعادله (1-6) :

$$D_1 = \left(\frac{7}{6} \times 2Rh'_1\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$D_2 = \left(\frac{7}{6} \times 2Rh'_2\right)^{\frac{1}{2}}$$

مع ذلك ما دامت :

$$h'_1 = h_1 \quad , \quad h'_2 = h_2$$

وبالمقارنه بالمعادله في (a) أعلاه ، يتضح بان تاثير الانكسار يؤدي الى زيادة المسافه بمقدار $(7/6)^{\frac{1}{2}}$:

$$\therefore \quad D = 309 \times (7/6)^{\frac{1}{2}} = 334 \text{ Km.}$$

1-7-3 التسويه المتبادله Reciprocal Levelling

في التسوية الدقيقه تبقى اطوال خطوط النظر متساويه الى اقرب 0.5 م ، وهذا يساعد في حذف خطأ خط النظر المتبقي ، كذلك يساعد في حذف الاخطاء الناجمه عن التحدب ثم تقليل اخطاء الانكسار .

عندما تتطلب الحاجه الى عبور فجوة كبيره خلال عملية تسويه ، فانه يصبح من المستحيل ان تتساوى القراءات الخلفيه والاماميه ، وهكذا يجب استخدام طريقة التسويه المتبادله .

بالجهاز قرب A (شكل 1-19a) ، الفرق بالمنسوب بين A و B يساوي d_{AB} و يساوي :

$$d_{AB} = x_2 - x_1 - (h - r) \qquad \ldots (a)$$

ثم بالجهاز قرب B (شكل 1-19b) ، الفرق بالمنسوب بين A و B يساوي d_{AB} ويساوي :

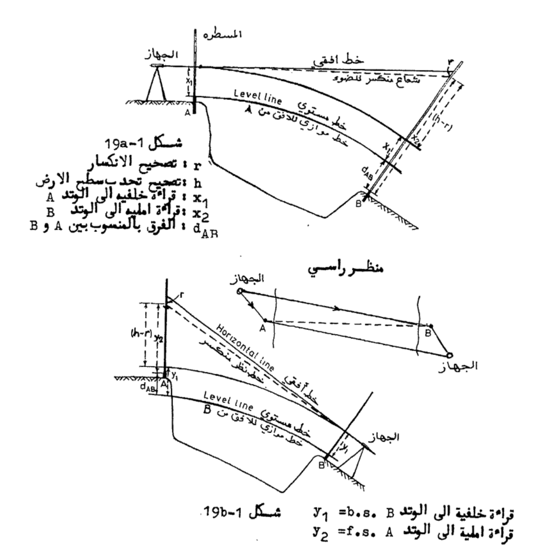
$$d_{AB} = y_1 - (y_2 - (h - r)) = y_1 - y_2 + (h - r) \qquad \ldots (b)$$

والان ، $(x_2 - x_1)$ هو الفرق في قراءات المسطره من نقطة A و يساوي X

و $(y_1 - y_2)$ هو الفرق في قراءات المسطره من نقطة B ويساوي Y .

اذن بجمع المعادلتين (a) و (b) ينتج :

$$2\, d_{AB} = X + Y \quad , \quad \therefore \; d_{AB} = \frac{X + Y}{2} \qquad \dots (c)$$



شكل 19b-1

قراءة خلفية الى الوتد B y_1 =b.s. B

قراءة امليه الى الوتد A y_2 =f.s. A

و هكذا فالتسويه المتبادله تحذف تأثيرات التحدب والانكسار ، و الفرق بالارتفاع بين A و B هو بكل بساطه يساوي معدل الفرق بالقراءتين من كل ضفه .
فالمعادلات اعلاه تفرض ان قيمة r متساويه في الحالتين ، مع ذلك ، لو استخدم جهاز واحد سيكون هناك تصيرا بالوقت time lag في نقله الى الجهة المقابله ، وان قيمة r يمكن ان تتغير خلال هذا الوقت . وهكذا للحصول على نتائج افضل يستخدم جهازين يثبت كل واحد منهما في ضفه وتؤخذ الرصدات في آن واحد . مع ان هذه الطريقه تعطي نتائج افضل مما لو استخدم جهاز واحد ، و لكن سيكون لكل جهاز خطأ في خط النظر يختلف عن الاخر ، وعليه يجب ان يتبادلان وتعاد الخطوات باكملها . فمعدل القيم الاربعه سيكون اذن هو الفرق الاكثر احتمالا بين النقطتين .

امثـلـه محـلـوله

مثال 1 ، اوجد ، ابتداءً بالمبادئ الاوليه ، تعبيرا يعطي تصحيحا مركبا لكروية الارض والانكسار الجوي في التسويه . افرض ان الارض هي كره قطرها 12740 كم . وقد اعطت عملية التسويه المتبادله بين نقطتين Y و Z المسافه بينهما 730 كم على ضفتين متقابلتين من نهر النتائج التاليه :

الجهاز في	ارتفاع الجهاز (متر)	المسطره في	قراءة المسطره (متر)
Y	1.463	Z	1.688
Z	1.436	Y	0.991

جد الفرق بالارتفاع بين Y و Z وقيمة اى خطأ في خط النظر للجهاز . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

الحـل ،

(a) ...
$$(h - r) = \frac{6\ D^2}{14\ R} = 0.0673\ D^2\ m.$$

(b) عندما يكون الجهاز في Y . تكون Z اوطأ بمقدار:
$$=(1.688 - 1.463) = 0.225\ m.$$

عندما يكون الجهاز في Z ، تكون Z اوطأ بمقدار :
$$= 1.436 - 0.991 = 0.445\ m.$$

فالفرق الحقيقي بين Z و Y :
$$=(0.225 + 0.445)/2 = 0.335\ m.$$

ارتفاع الجهاز في Y يساوي 1.463 م . والان وبعد معرفة ان Z هي اوطأ بـ 0.335 م فالقراءة الافقيه الصحيحة على Z يجب ان تكون (0.335+ 1.463=) وهذا يساوي 1.798 م ، مع ذلك فقد كانت 1.688 م اى (0.110-) م اوطأ ، والعلامة السالبه تشير الى انها اوطأ .

ان هذا الخطأ الذي سببه التحدب والانكسار هو (h - r) والخطأ في خط نظر الجهاز هو e وهكذا :

$$(h - r) + (e) = -0.110\ m.$$
$$(h - r) = \frac{6\ D^2}{14\ R} = \frac{6 \times 730^2}{14 \times 6370 \times 1000} = 0.036\ m.$$
$$\therefore\ e = -0.110 - 0.036 = -0.146\ m.$$

اى (0.146 -) م لمسافة 730 م

اذن خطأ خط النظر e يساوي 0.020 م لمسافة 100 م والى الاسفل .

مثال 2 ، المسافه بين A و B هي 2400 م وقد اعطت رصدات بجهاز تسويه ما يلي :

الجهاز في A ، ارتفاع الجهاز 1.372 م ، القراءه في B تساوى 3.359 م .

الجهاز في B ، ارتفاع الجهاز 1.402 م ، القراءه في A تساوى 0.219 م .

احسب الفرق بالارتفاع والخطأ في الجهاز ، اذا علمت ان تصحيح الانكسار هو سبع تصحيح التحدب . (جامعة لندن)

الحل :

الجهاز في A ، B هي اوطأ بمقدار : $= (3.359 - 1.372) = 1.987$ m.

الجهاز في B ، B هي اوطأ بمقدار : $= (1.402 - 0.219) = 1.183$ m.

3.170 m.

الفرق الحقيقي بالارتفاع بين B و A : $= \frac{1}{2} \times 3.170 = 1.585$ m.

الخطأ المركب بسبب التحدب والانكسار : $= 0.0673\ D^2$ m.

$= 0.0673 \times 2.4^2 = 0.388$ m.

والان باستخدام نفس الخطوات كما في المثال رقم 1 اعلاه :
عندما يكون الجهاز في A ، ارتفاع الجهاز 1.372 م . وهكذا فالقراءة الحقيقيه في B هي :

$= (1.372 + 1.585)$

$= 2.957$ m.

القراءة الفعليه في B تساوى : $= 3.359$ m.

اى أعلى بـ : $+ 0.402$ m.

وهكذا : $(h - r) + e = 0.402$ m.

$e = + 0.402 - 0.388 = + 0.014$ m.

اى 0.014 م لمسافة 2400 م .

اذن خطأ خط النظر (e) Collimation error يساوى :
(+ 0.001) متر لمسافة 100 م والى الاعلى .

تمـــــاريـن

(1)

(a) اوجد ، ابتداء" بالمبادىء الاوليه ، المسافة التقريبية التي عندها يكون تصحيح التحدب والانكسـار في عملية تسويه يساوى 3ملم ، بفرضان تاثير الانكسار هو سبع تاثير كروية الارض وان الارضهي كرة قطرها يســاوى 740 12 كم .

(b) محطتيمسح A و B على ضفتين متعاكستين من نهر المسافة بينهما 780 م ، وقد اخذت مناسيبمتبادله بينهما وظهرت النتائج التـاليه :

قراءة المسطره (متر)	المسطره في	ارتفاع الجهاز (متر)	الجهاز في
1.835	B	1.472	A
1.213	A	1.496	B

اوجد النسبه بيـن تصحيح الانكسـار وتصحيح التحـدب، والفرق بالارتفاع بين A و B .

(الجواب: (a) 210م ، (b) اوطأ بمقدار 0.323 م، النسبه هي 0.14 الى 1) .

8-1 معــدات التســويه الدقيـــقه PRECISE LEVELLING EQUIPMENT

مسـاطر التسـويه الدقيـــقه ، لها اطار خشـبي يحمل بداخـله تدريجـات على معـدن الانفار invar مثبت في الاســفل ولكـنه يتحـرك بحـــريه عـلى طول الجزء الباقي من الاطار وبذلك يسمح بالتمدد الحرارى . هنالك بعض المساطر تتالف من سـلخين من معدن الانفار الواحد مدرج بعكـس اتجاه تدريج الاخر لحذف الاخطاء النهائيه في القراءه ، كذلك هناك فقاعة كحوليه لضمان الشـــاقوليه كما ان هنالك قضبان للتسكين ايضا . السـلخ مقسم الى فترات طولها 10 ملم او 5 ملم .

تنظـــيمات

(a) يجب فحص المسطو مرة واحده في الاسبوع في الاقل لضمان الشاقوليه ، باستخدام الشاقول والفقاعة الدائريه التي تنظم ان اقتضى الامر .

(b) كذلك يجب اجراء فحص الاعوجاج warping اسبوعيا وذلك ببسط سلك دقيق من نهاية الى اخرى، فاكبر خطأ يجب ان لا يزيد على 6 ملم .

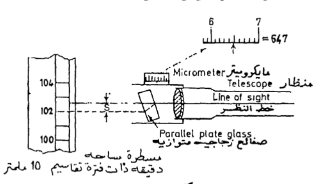
(c) يجب ان تكون اخطاء التدريـجات معروفة وعليه يجب ان تصحح بتعيير المسطره مقابل شـريط قياسمن مادة الانفار . وهذا مهم خصوصا عندما تسـتخدم مسطرتين لكل واحدة منها خطأ في التدريجا يختـلف عن خطأ الاخـــرى .

1-8-1 آلآت التســـويه Levels

اجهزة التسويه هي اما من نوع القلاب او التلقائي ودقتها تعتمد اساسا على حساسية الفقاعه وقوة التكبير والميزات التحليليه للعدسات .
الفقاعات ، كلما زاد نصف قطر تقوس انبوب الفقاعه زادت الفقاعه حساسية ، وهكذا يكون للفقاعة مجال اكبر للحركه الافقيه لكل درجه واحده من الميل ، وهذا يمكّن من اكتشاف اى حركه عن الوسط .
احسن الطرق لجعل الفقاعه افقيه هي عندما تنظر من خلال تركيب تظهر فيه الفقاعه مجزاءة split bubble system . ويدعى با ن هذه الطريقه هي ثمان مرات ادق مما لو شوهدت الفقاعه مكشوفة .
قوة التكبـــير ، تزيد من دقة القراءه على المسطو بشكل مباشر وهي بذلك تزيد من مدى الروءيه .

2-8-1 المايكـرو ميـتر ذو الصفيـحه المتوازيـه Parallel Plate Micrometer

في التسـو يه الدقيقه تكون دقة تقدير 1 ملم ليست كافيه . فهناك المايكروميتر الزجاجي ذو الصفيحة المتوازيه الى امام العدسه الشيئيه يساعد في القراءه مباشرة الى اقرب 0.1 ملم وتقديريا الى اقرب 0.01 ملم . ان اساس عمل هذا التركيب مبين في الشكل 1-20 . فاذا كان الصفيح المتوازى شاقوليا لدخل خط النظر من خلاله بدون انحراف ولكانت القراءه تساوى 1.026 م حيث تم قراءة الرقم الاخير تقديريا . مع ذلك فبتحريك المايكروميتر يميل الصفيح المتوازى حتى يزحف خط النظر الى اقرب قراءة مدرجه والتي هي هنا 1.02 م . ويقاس مقدار الزحف s على المايكروميتر ويضاف الى القراءة الدقيقه ليعطي 1.02647 م . حيث يجرى تقدير اخر مرتبة عشرية فقط .



شـــكل 1-20

يتضح من الشكل بانه كان بامكان الصفيح ان يتحرك بنفس الطريقه ولكن بعكس الاتجاه مزيحا خط النظر الى الاعلى . ولتحاشي صعوبة اختيار جمع او طرح الزحف s يتم تصفير المايكـروميتر قبل كل رصـده وهذا سيسمح بميل الصفيح الى اقصى موقع له بعكس اتجاه ما هو مبين في الشكل 1-20 . وهذا يزيح خط النظر الى الاعلى كما انه لا يوءثر على عملية التسويه ما دام انه يتم لكل رصده . وفي هذا المـوقع فان لولب المايكروميتر سيتحرك من صفر الى 10 وان خط النظر يزاح دائما الى الاســفل بالمقدار s الذى يضـاف دائما .
تصنّـع اجهزة المايكروميتر ذات الصفيحة المتوازيه ايضا لغرض الاستخدام مع مسطره بفترة تدريج مقدارها 5 ملم .

1-8-3 مصادر الخطأ Sources of Error

اضافة الى مصادر الخطأ آنفة الذكر لكلا التسويتين البسيطه والدقيقه فانه يجب ملاحظة الامور التاليه :

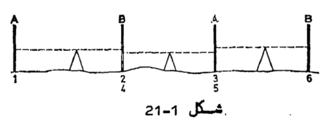
(1) استخدم اطباق تسويه خاصه عند نقاط التغيير لتقليل الخطأ الناتج عن هطول الجهاز والمسطره عندما تجرى التسويه على ارض رخوه ، وخذ القراءة بسرعه ، ولتسهيل العمليه ، استخدم مسطرتين وسدد الى نفس المسطره اولا كما في الشكل 1-21 .

(2) ساو بين اطوال خطوط النظر لتقليل تاثيرات الانحناء والانكسار ، في هذه الحاله سوف لن يحذف تساوي مجاميع اطوال النظر الخلفيه والاماميه الخطأ لان الخطأ متناسب مع مربع المسافه .

(3) يجب مد خطوط التسويه ذهابا في الصباح ورجوعا في المساء باعتبار ان سطح الارض هو ابرد في الصباح وادفأ في المساء ، وبذلك تقليل لتاثيرات الانكسار .

(4) احم الجهاز من حرارة الشمس لتقليل الاخطاء الناجمه عن الاختلاف في تمدد اجزائه .

(5) يجب تنظيم كافة الدورات circuits بطريقة "اصغر المربعات Least Squares "



شكل 1-21

1-8-4 الدقـة Accuracy

كمؤشر لقبول عمل من عدمه فان الاختلاف في المنسوب يجب ان لا يزيد على ($\pm 4(K)^{\frac{1}{2}}$) ملم حيث ان K هي المسافة التي تمت تسويتها بالكيلومترات .

الفصل الثاني

الاعمال الترابية EARTHWORKS

يعتبر تقدير المساحات والحجوم من الامور الاساسيه في معظم المشاريع الهندسيه كالطرق والخزانات والانفاق .. الخ . فتستخدم الطرق الحسابيه الحديثه كالتصوير الجوى photogrammetry والحاسبات الالكترونيه electronic computers . اما الطرق الحقليه والمكتبيه الاساسيه (حتى ولو لم تكن اكثر اقتصادية للاعمال الصغيره) فهي لا تزال ضروريه لحل المسائل الامتحانيه .

1-2 المساحات AREAS

قاعدة شبه المنحرف[1] . شكل 2-1 .

مساحة اول شبه منحرف (ABCD) : $=((h_1 + h_2)/2) \cdot w$

مساحة ثاني شبه منحرف (BCEF) : $=((h_2 + h_3)/2) \cdot w$

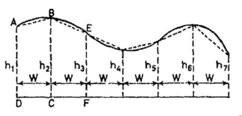
... وهكذا .

اذن المساحه الكليه تساوي مجموع مساحات اشباه المنحرف وتساوى A :

$$A = w \cdot \left(\frac{h_1 + h_7}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 \right) \quad \ldots (1-2)$$

لاحظ جيدا (1) اذا كانت اول او آخر مركبه صفرا ، فيجب ان يدخل ايضا في المعادله .

(2) تمثل المعادله المساحة النقطه تحت الحدود المنحنيه ، وهكذا اذا كانت الحدود محدبه الى الخارج تكون المساحة المحتسبه صغيره ، والعكس هو صحيح ايضا .



شكل 2-1 قانون متوازى الاضلاع و قانون سمسون

قاعدة سمسون[1] Simpson's Rule ، شكل 2-1 .

$$A = w \cdot ((h_1 + h_7) + 4(h_2 + h_4 + h_6) + 2(h_3 + h_5))/3 \quad \ldots(2-2)$$

اى ، ثلث المسافه بين اى مركبتين مضروبة بمجموع الاولى والاخيرة زائدا اربعة امثال مجموع المركبات الزوجيه زائدا ضعف مجموع المركبات الفرديه .

---

1 بالامكان الاطلاع على اشتقاق القانون من كتب الرياضيات ذات العلاقة .

لاحظ جيدا (1) تفترض هذه القاعدة حدودا منحنية ولهذا فهي اكثر دقة من قاعدة شبه المنحرف .
اما اذا كانت الحدود على شكل قطع مكافئ parabola فتصبح المعادله مطابقه.

(2) تتطلب المعادله عددا فرديا من المركبات وعليه سيكون هناك عددا زوجيا من المساحات .

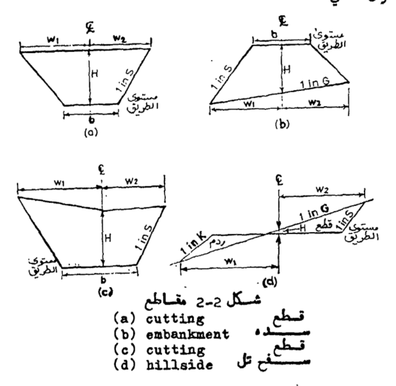
المعادلات آنفة الذكر هي مفيدة لاحتسابات المساحات من المعلومات الناتجه من المسح بالسلسله . فالمساحات التي في داخل خطوط السلسله تكون عادة على شكل مثلثات ، بينما الازاحات الجانبيه المتعامده offsets الى الحدود غير المنتظمه تصبح هي الاحداثيات التي تستخدم في المعادله. كذلك يمكن احتساب المساحه من معلومات التضليع بالمزواة المستخرجه بطريقة الاحداثيات المبينه في الفصل الثالث .

2-1-1 المقاطع العرضيّة Cross - Sections

يبين الشكل 2-2 مقاطع عرضية مستعمله في مشاريع الطرق . حيث بكل بساطه ، يمكن قلب المقاطع (a) و (b) و (c) لتتغير من قطع cut الى سد ، embankment او بالعكس.

مصطلحات :

b : العرض النهائي للطريق .
H : ارتفاع الوسط .
w_1 و w_2 : عرضي الجانبين مقاسين افقيا من خط الوسط المستخدمين في تثبيت خوازيق الميل .
1 الى S : ميل جانبي مقداره 1 شاقولي الى S افقي .
1 الى G : ميل الارض الفعلي .



شكل 2-2 مقاطع
(a) cutting قطع
(b) embankment سد
(c) cutting قطع
(d) hillside سفح تل

توضح الكتب المنهجيه القياسيه طرقا مختلفه لاستخراج قوانين ايجاد المساحات وعرضى الجانبين . بينما يجب ان يكون الطالب على بينة من هذه الطرق ، حيث يكون من الصعب عليه تذكر القوانين ذات العلاقه . فطريقة " معدل التوصل "Rate of Approach" التاليه اذن هي المقـــــترحه للاغراض الامتحانيه (شـــكل 3-2) .

فاذا اعطي الارتفاع x والميلين (AB) و (CB) في المثلث (ABC) ، المطلوب ايجاد المسافه y_1 .

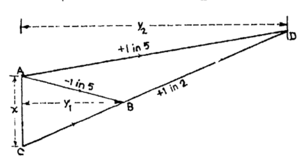
الطريقه ، اجمع الميلين ، واقلبهما ثم اضرب بـ x .

مثـــلا : $(1/5 + 1/2)^{-1}\ x = 10\ x/7 = y_1$

و بنفس الطريقه لايجاد المسافه y_2 في المثلث (ADC) .

اطرح الميلين ، واقلبهما ثم اضرب بـ x .

مثـــلا : $(1/5 - 1/2)^{-1}\ x = 10\ x/3 = y_2$



شــكل 3-2 معــدل الوصــول

اذن فالقاعده هي :

(1) عندما يكون الميلين باتجاهين متعاكسين " كما في (ABC) " ، اجمع . (الاشارتين متعاكستين اى + —)

(2) عندما يكون الميلين باتجاه واحد " كما في (ABD) " ، اطرح . (الاشارتين متماثلتين)

لاحظ جيدا : يجب ان يكون الارتفاع x شاقوليا نسبة الى الميلين (انظر المثال المحلول رقم 4) .

البرهـــان

من الشكل 2-4 يتضح بان الميل 1 الى 5 يساوى 2 الى 10 ، ثم 1 الى 2 يســاوى 5 الى 10 ، وهكذا فالميلان يبتعدان من B بمعدل 7 الى 10 ، وهكـذا اذا كان (AC) يساوى 7 م فان (EB) يســاوى 10 م . اى :

$$x \times 10/7 = 7 \times 10/7 = 10\ m.$$

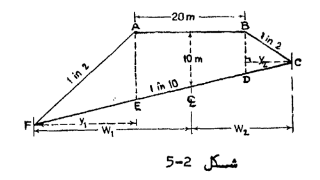
مثــال محــلول :

اوجد عرضي الجانبيــين و مساحة المقطع العرضي لسدة لها الابعــاد التاليه : (شكل 2-5)
عرض الطريق 20 م ، ميل الارض الفعلي 1 الى 10 ، الميلين الجانبيين 1 الى 20 ، ارتفاع الوسط 10 ملم .

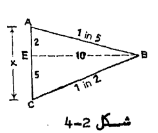
الحل ، لما كانت المسافة الافقيه من خط الوسط الى (AE) هي 10 م و ميل الارض الفعلي 1 الى 10 ، فان (AE) سيكون اكبر من ارتفاع الوسط بمتر واحد و (BD) اقل بمتر واحد ، و هكذا :

$AE = 11$ m. , $BD = 9$ m.

والمساحه (ABDE) : $= 20 \times 10 = 200$ m^2



شكل 2-5



شكل 2-4

والان لايجاد مساحتي المثلثين المتبقيين (AEF) و (BDC) سنحتاج الى الارتفاعين العموديين y_1 و y_2 وكما يلي :

(a) $1/2 - 1/10 = 4/10$

عليـــه : $y_1 = (4/10)^{-1} \times AE = 11 \times 10/4 = 27.5$ m.

(b) $1/2 + 1/10 = 6/10$

عليـــه : $y_2 = (6/10)^{-1} \times BD = 9 \times 10/6 = 15.0$ m.

اذن مساحة المثلث (AEF) : $= AE/2 \times y_1 = 11/2 \times 27.5 = 151.25$ m^2

اذن مساحة المثلث (BDC) : $= BD/2 \times y_2 = 9/2 \times 15.0 = 67.50$ m^2

فالمساحه الكليه : $= (200 + 151.25 + 67.50) = 418.75$ m^2

العرض الجانبي w_1 : $w_1 = 10$ m. $+ y_1 = 37.5$ m.

العرض الجانبي w_2 : $w_2 = 10$ m. $+ y_2 = 25.0$ m.

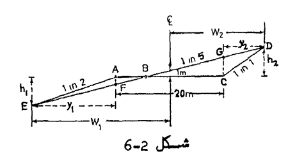
مثـــال محـــلول

اوجد العرضين الجانبيـــين ومساحات المقاطع العرضـــيه للقطع cut و الردم fill لمقطع على سفح تل ذي الابعـــاد التاليه : (شكل 2-6) .

عرض الطريق 20م ، ميل الارض الفعلي 1 الى 5 ، الميل الجانبي في القطع 1 الى 1 ، ارتفاع الوسط في القطع 1 م ، الميل الجانبي في الردم 1 الى 2 .

الحـــل ، لما كان ميل الارض الفعلي 1 الى 5 و ارتفاع الوسط 1 م ، ينتج ان المسافة الافقيه من خط الوسط الى B تســاوي 5 م وعليه : $AB = 5$ m. , $BC = 15$ m.

ومن ذلك ينتج بان : $AF = 1$m. , $GC = 3$m.



شكل 2-6

والان :
$y_1 = (1/2 - 1/5)^{-1} \times AF = 10/3 \times 1 = 3.3$ m.

$y_2 = (1 - 1/5)^{-1} \times GC = 5/4 \times 3 = 3.75$ m.

اذن عرض الجانب w_1 : $w_1 = 10$ m. $+ y_1 = 13.3$ m.

وعرض الجانب w_2 : $w_2 = 10$ m. $+ y_2 = 13.75$ m.

والان لما كان الميل الجانبي (AE) هو 1 الى 2 ، $h_1 = y_1 / 2 = 1.65$ m.

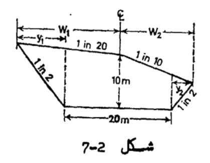
ولما كان الميل الجانبي (CD) هو 1 الى 1 ، $h_2 = y_2 = 3.75$ m.

اذن مساحة القطع cut (BCD) : $= BC/2 \times h_2 = 15/2 \times 3.75 = 28.1 m^2$

ومساحة الردم fill (ABE) : $= AB/2 \times h_1 = 5/2 \times 1.65 = 4.1 m^2$

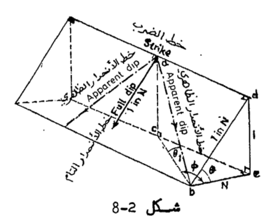
ينصح الطالب الان بالقيام باحتساب المساحه وعرضي الجانبين للشكل 2-7 باستخدام الطريقه اعلاه ،
(الجواب: $23.3 y_1$ ، $33.3 w_1$ ، $15 y_2$ ، $25 w_2$ ، المساحه 387.3 متر مربع) .

يمكن اجراء كثير من الحسابات البسيطه المتضمنه ، فكريا ، وبذلك تقليصا لكثير من الامثله المشروحة اعـــلاه .



شكل 2-7

2-1-2 الانحــــدار Dip والضــرب او متّجــه الطبقه Strike



شــكل 2-8

في مستو مائل ، هنالك اتجاها لاعلى ميل يســمى " خط الانحدار التام Line of Full Dip"
واي خط عمودي على خط الانحدار التام هو خط مستوى Level Line ويســــــمى " خط
الضــرب Strike Line " (شكل 2-8) .
واي ميل بين الانحدار التام والضرب يدعى " الانحدار الظاهري Apparent Dip " .
قد يكون فهم معاني الانحدار والضرب احيانا مفيدا في بعض مسائل الاعمال الترابيه .

من الشكل 2-8 :

$$\tan \theta_1 = ac/bc = de/bc = de/be \times be/bc = \tan\theta \cos\phi$$

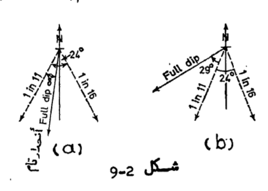
اي :

tan(الميل الظاهــــري) = tan(الانحـــدار التام) × cos(الزاويه المحصـــوره) ...(3-2)

اي ان ظل الميل الظاهري يساوي ظل الانحدار التام مضروبا بجيب تمام الزاويه المحصــــــوره .

مثــــال محــلول 3 ، الانحدار الظاهري على مستو لاحدى الطبقات يساوي 1 الى 16 وباتجاه
(S 10° E) اي 10° شرق الجنوب ، بينما الانحدار الظاهري باتجاه (S 14° W) اي 14° غرب الجنوب
يســـاوي 1 الى 11 . اوجـد الاتــجاه ونسبة الانحدار التام .

الحــــل ، ارسم مخططا للحاله وافرض اي موقعـــا للانحدار التام (شكل 2-9a) :



شــكل 2-9

الان باستخدام المعادله (2-3) اعلاه : $\tan\theta_1 = \tan\theta \times \cos\phi$

$$1/16 = \tan\theta \times \cos(24^\circ - \delta)$$

$$\tan\theta = 1/16\cos(24^\circ - \delta) \qquad (a)$$

و بنفس الطريقه :

$$1/11 = \tan\theta \times \cos\delta$$

$$\tan\theta = 1/11\cos\delta \qquad (b)$$

وبتساوى (a) و (b) :

$$16\cos(24^\circ - \delta) = 11\cos\delta$$

$$16(\cos 24^\circ \cos\delta + \sin 24^\circ \sin\delta) = 11\cos\delta$$

$$16(0.912\cos\delta + 0.406\sin\delta) = 11\cos\delta$$

$$14\cos\delta + 6.5\sin\delta = 11\cos\delta$$

$$3.6\cos\delta = -6.5\sin\delta$$

وبالتقسيم على ($-6.5\cos\delta$) :

$$3.6/(-6.5) = \sin\delta / \cos\delta = \tan\delta \quad , \therefore \delta = -29^\circ$$

لاحظ جيدا (1) الدقه المتوفره في المسطره المنزلقه sliderule هي كافيه لكافة الحسابات .

(2) تشير الاشارة السالبه الى ان الموقع الابتدائي للانحدار التام (شكل 2-9a) هو غير صحيح ، وانه يقع الى خارج الانحدار الظاهرى ، و حيث ان الميل يزداد من (1 الى 16) الى (~~1 الى~~ 11) فان الانحدار التام يجب ان يكون كما في الشكل 2-9b .

اذن اتجاه الانحدار التام هو (S 43°W) اى 43° غرب الجنوب .

والان تطبيق ثانيا للقاعده ، سيعطي نسبة الانحدار التام : $1/11 = 1/x \times \cos 29^\circ$

$$\therefore x = 11\cos 29^\circ = 9.6$$

اذن نسبة الانحدار التام تساوى 1 الى 9.6

2-2 الحجوم VOLUMES

كثيرا من الحجوم التي تصادف اعمال الهندسه المدنيه تظهر لاول وهلة كأنها اشكالا معقده ، مع ذلك بالامكان تقسيم هذه الحجوم عموما الى مواشير او اسافين او اهرام .

قاعدتا الموشور (انظر الشكل 2-10) متساويتان و متوازيان فالشكل الناتج اذن هو متوازى مستطيلات :

حجم الموشور V :

$$V = A \cdot L \qquad \ldots (2\text{-}4)$$

اذن حجم الاسفين V (انظر الشكل 2-11) :

V = (L/6) ((مجموع الاضلاع المتوازيه) × (ارتفاع القاعده الشاقولي))

$$= (L/6) \times ((a + b + c) \cdot h) \qquad \ldots (2\text{-}5)$$

و عندما :

$$a = b = c$$

الحجم V يساوى :

$$V = A \cdot L / 2 \qquad \ldots (2\text{-}5a)$$

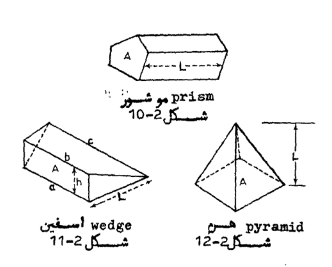
حجم الهرم V (انظر الشكل 2-12) :

$$V = A \cdot L / 3 \qquad \ldots (2\text{-}6)$$

ويمكن التعبير عن المعادلات (2-4) و (2-5) و (2-6) بالمعادله المشتركه التاليه :

$$V = (L/6) \times (A_1 + 4\, A_m + A_2) \qquad \ldots (7-2)$$

حيث ان A_1 و A_2 هما المساحتين النهائيتين و A_m هي مساحة المقطع الواقع في وسط المسافه بين المساحتين النهائيتين . ومن المهم ملاحظة ان A_m هي ليست المعدل الحسابي للمساحتين النهائيتين الا في حالة الاسفين wedge .



موشور prism
شكل 2-10

اسفين wedge
شكل 2-11

هرم pyramid
شكل 2-12

ولبرهان هذه القاعده :

الموشور Prism

في هذه الحاله : $A_1 = A_m = A_2$ (شكل 2-10)

$$V = \frac{L}{6} (A + 4A + A) = \frac{L \times 6A}{6} = A \times L$$

الاسفين Wedge

هنا A_m هي المعدل الجبري لـ A_1 و A_2 ، ولكن A_2 تساوي صفر . وهكذا A_m تساوي $(A/2)$.

$$V = \frac{L}{6} (A + 4 \times (A/2) + 0) = \frac{L \times 3A}{6} = A.L/2$$

الهرم Pyramid

في هذه الحاله : $A_m = A/4 \quad , \quad A_2 = 0$

$$V = \frac{L}{6} (A + 4 \times (A/4) + 0) = \frac{L \times 2A}{6} = (A \times L)/ 3$$

وهكذا فان اى جسم صلد مركب من الاشكال الثلاثه اعلاه وله قيمة مشتركة لـ L يمكن حله باستخدام المعادله (2-7) وكذا حجم يسمى " شبه موشور Prismoid " والمعادله تدعى " معادلة شبه الموشور Prismoidal formula " . ومن السهل استنتاجها بتعويض المساحات محل الاحداثيات في قانون سمسون .

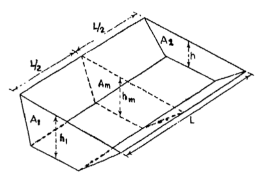
يختلف الشكل الشبه الموشوري عن الشكل الموشوري في كون ان النهايتـين المتوازيتـين ليستا من الضروري ان تكونا متساويتين في المساحه و ان الجوانب مكونة من خطوط مستقيمة ممتدة بين حـافتي المساحتـين النهائيتـين (شـكل 2-13) .
تكون معادلة شبه الموشور صحيحة عندما يكون شبه الموشور حقيقي . مع ذلك ، يمكن استخدام المعادله بأخذ ثلاثة مقاطع متتاليه ، فاذا كان المقطع الوسطي يختلف عن شبه الموشور الحقيقي سينشأ خـطأ ، ولهذا في الواقع ، يجب اختيار المقاطع بحيث يتم تجنب هذا الخطأ . ولكن على العموم ، يفضل المهندس ان يرى أن تبعد المقاطع عن بعضها مسافات منتظمه ، بفرض ان الاخطاء تتصحح تعويضيا على امتداد مسـار طويـل .

2-2-1 طريقة المساحات النهائيه End Area Method

خـذ الشـكل 2-13 فالحجم V يساوي :

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot L \qquad \ldots. (2-8)$$

اي يساوي معدل المساحتـين النهائيتين مضروبا بالمسافة بينهما .
وهذه القاعده هي فقط صحيحه عندما تكون المساحة الوسطيه للشكل شبه الموشوري مساوية لمعدل المساحتين النهائيتين ، وهي صحيحة في حالة الاسافين wedges والمواشير prisms ولكنها تعطي نتيجة اكبر بمقدار (50%) مما هي عليه في حالة الهرم pyramid ، حيث ان حجم الهرم بموجبها يساوي : $=((A + 0)/2) \times L = (A \times L) / 2$
اي (AL/2) بدلا من الحجم الصحيح (AL/3) .
ولو ان هذه الطريقه بصورة عامه تغالي بالتقدير لكنها تستخدم على نطاق واسع في التطبيقات العمليه ، والاسباب الرئيسه في ذلك هي بساطتها وحقيقة ان الفرضيات اللازمه لاعطاء نتائج جيده باستخدام طريقة شبه الموشور قلما تطبق عمليا . مع ذلك فانها يجب ان تطبق بدقه بالنسبة لاشباه المواشير المؤلفه من مواشير و اسافين فقط كما هي الحاله عندما يكون الارتفاع او العرض لمقاطـع متتاليه تقريبا متساويه . ومن الجدير بالملاحظه بانه في حالة المقاطع المتتاليه التي يزيد الارتفاع فيها بنقصان العرض او بالعكس فان طريقة المساحة النهائيه تعطي قيمة صغيرة جدا .



شـكل 2-13

و يعطي جمع سلسلة من المساحات النهائيه :

$$V = L \times \left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} \right) \quad \dots\dots (9-2)$$

و هذه تسمى قاعدة متوازى الاضلاع للحجوم

2-2-2 مقارنة بين قانوني المساحة النهائيه و شبه الموشور

Comparison of End Area & Prismoidal Formulae

لاجل مقارنة الطرق فسوف يحتسب حجم الشكل 2-14 كالاتي :

ابعاد الشكل 2-14 هي :

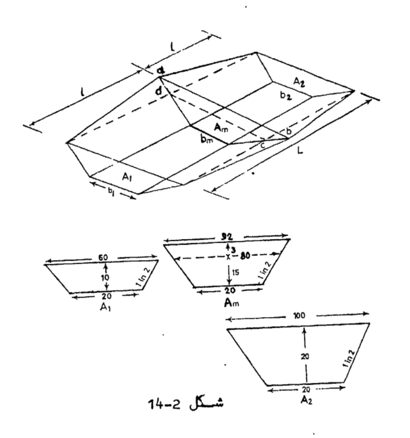
الارتفاعات الوسطيه هي : $h_1 = 10$ m. , $h_2 = 20$ m. , $h_m = 18$ m.

عرضي الطريق : $b_1 = b_2 = b_m = 20$ m.

الميول الجانبيه : 1 : 2

المسافة الافقيه بين المقاطع : $l = 30$ m. , $L = 60$ m.

ملاحظه : في حالة شبه الموشور الحقيقي ، h_m تمثل معدل h_1 و h_2 وتساوى 15 م . والخط المنقط يمثل الموشور الحقيقي والمساحة الزائدة للمقطع الوسطي مبينة بخطوط منقطه .



شكل 2-14

فالحجم الحقيقي هو اوزان شبه موشور حقيقي زائدا اسفينين ، وكما مبين في ادناه:

(1)

$A_1 = (60 + 20)/2 \times 10 = 400\ m^2$

$A_2 = (100 + 20)/2 \times 20 = 1200\ m^2$

$A_m = (80 + 20)/2 \times 15 = 750\ m^2$

حجم شبه الموشور V_1 : $V_1 = (60/6) \times (400 + 4 \times 750 + 1200) = 46000\ m^3$

حجم الاسفين الاول : $W_1 = (L/6) \times ((a+b+c) \times h) = (30/6) \times ((92+80+60) \times 3) = 3480\ m^3$

حجم الاسفين الثاني : $W_2 = (30/6) \times ((92+80+100) \times 3) = 4080\ m^3$

فالحجم الكلي الحقيقي : $V = V_1 + W_1 + W_2 = 46000 + 3480 + 4080 = 53\ 560\ m^3$

(2) <u>الحجم بطريقة قانون شبه الموشور</u> (سيكون لـ A_m ارتفاع وسط مقداره 18 م) .

$A_m = ((92 + 20)/2) \times 18 = 1008\ m^2$

فالحجم اذن : $V = (60/6) \times (400 + 4032 + 1200) = 56\ 320\ m^3$

والخطأ : $= 56\ 320 - 53\ 560 = +\ 2760\ m^3$

هذا الخطأ يساوى تقريبا مساحة المقطع الوسطي الزائده مضروبة بـ $(L/6)$. اى ($\frac{\text{المساحه (abcd)} \times L}{6}$)

وهي كذلك لكافة الحالات المماثله . ولو كانت المساحة الوسطيه اصغر لكان الخطأ سالبا .

(3) <u>الحجم بطريقة المساحه النهائيه</u> :

$V_1 = ((400+1008)/2) \times 30 = 21\ 120\ m^3$

$V_2 = ((1008+1200)/2) \times 30 = 33\ 120\ m^3$

الحجم الكلي : $54\ 240\ m^3$

والخطأ : $= 54\ 240 - 53\ 560 = +\ 680\ m^3$

وهكذا في هذه الحاله تعطي طريقة المساحة النهائيه نتيجة افضل من قانون شبه الموشور . مع هذا اذا اخذنا شبه الموشور الحقيقي فان الحجم بطريقة المساحه النهائيه هو 46 500 متر مكعب مقارنة بالحجم المحتسب بطريقة قانون شبه الموشور الذى هو 46 000 متر مكعب والذى في هذه الحاله يمثل الحجم الحقيقي .

اذن ، في الواقع ، يمكن معرفة ان اى من هاتين الطريقتين لا تكون مرضية ما لم تتوفر الشروط الهندسيه المثاليه — وهذا نادر جدا — وعليه فان كلا هاتين الطريقتين تنتجان خطأ .
للحصول على دقة اكبر ، يجب ان يتم اختيار المقاطع في الحقل مع اخذ القانون الذى سيجرى تطبيقه بنظر الاعتبار . فاذا كانت المقاطع متساويه بالحجم والشكل بشكل تقريبي والسطح المتضمن تقريبا مستوى فان طريقة المساحة النهائيه تعطي نتيجة معقوله . اما عندما تكون المقاطع مختلفه كثيرا بالحجم والشكل والمقطع الوسطي محددا بخطوط تتصل بين المقاطع النهائيه ، عندها تعطي طريقة شبه الموشور نتيجة افضل .

3-2-2 الخطوط الكنتوريه Contours

يمكن ايجاد الحجوم من الخطوط الكنتوريه باستخدام اى من طريقتي المساحة النهائيه او شبه الموشور .

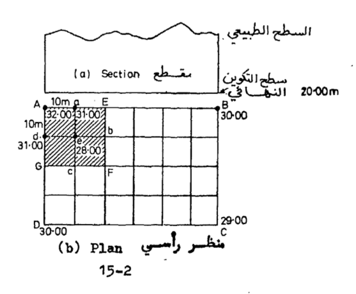
اما مساحات المقاطع فهي المساحات المحتواة داخل الخطوط الكنتوريه ، والمسافه بين المقـــــاطع هي الفتره الكنتـــوريه .

2-2-4 ارتفاعــات موقعيـــه Spot Heights

تستخدم هذه الطريقه عادة في احتساب احجـــام الحفريات للسراديب او الخزانات . اى لاى حجم تكون فيه الجوانب والقاعده مستويه بينما يكون السطح surface طبيعي متموج (شكل 2-15a) . وهنا يبين الشكل 2-15b حدود الحفريات بمناسيب السطح بالامتار في كل من A و B و C و D . حيث جوانب الحفر عمودية على مستوى التكوين formation level للحفر الذى مقداره 20.00 متر . فاذا كانت المساحة (ABCD) مســـتويه لاصبح حجم الحفر V :

V = ((ABCD) المســاحه المستويه) × (معدل الارتفاع) .... (2-11)

مع ذلك ، وحيث مبين بالشكل بان السطح متموج جدا ، لذا يجب ان يغطى بمشبك بحيث تكون المساحه داخل كل 10 م مربعـه مســـتويه تقريبـــا .



2-15

لـــذا فان طبيعة الارض هي التي تحدد حجم الوحده ، فاذا كانت مساحة السطح (Aaed) مـــثلا غير مستويه يمكن ان تقسم الى مثلثين بواسطة الوتر (Ae) اذا كان هذا سيؤدى الى سطوح مستويه . خذ المربع (Aaed) فقط :

V = (المساحه المســـــتويه) × (معدل الارتفاع)

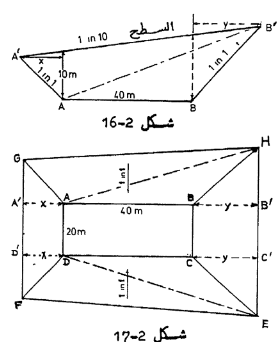
$$= 100 \times (12 + 11 + 8 + 11)/4 = 1050 \ m^3$$

فاذا كانت الوحدات متساويه بالمساحه يمكن عندها ترتيب المعلومات بسهوله في جدول وتحتسب كما يلي : خذ (AEFG) فقط فبدلا من اخذ كل وحده مربعه على حده ، يمكن معاملة المساحه بكاملها ككل . اذن :

$$V = (100/4) \times (h_A + h_E + h_F + h_G + 2(h_a + h_b + h_c + h_d) + 4h_e)$$

فلو اخذ كل مربع على حده ، لتبين بان ارتفاعات النقاط A و E و F و G تذكر مرة واحده ، فقط بينمـــا تـــتكرر ارتفاعات a و b و c و d مرتـــين وارتفاع e يتكرر اربع مرات . مع ذلك يقسم المجمــــــوع على اربعه للحصـول على معدل الارتفاع .

المعادله اعلاه مفيدة جدا لاى شكل معقد يتالف من عدة مستويات بالكامل ، كما يبين المثال التالي (شكل 2-16 و 2-17) .



شكل 2-16

شكل 2-17

الارتفاع العمودي في A و D يساوى 10 م .
ولما كان (AB) يساوى 40 م وميل السطح 1 الى 10 فالارتفاعات العموديه في B و C يجب ان تكون اكبر ب 4 م (اى 14 م) .

افرض ان الشكل يقسم الى اسفينين بواسطة مستوى يوصل (AD) ب (HE) في المثلث (ABB') شكل 2-16 :
بطريقة معدل التقرب rate of approach :

$$y = \left(1 - \frac{1}{10}\right)^{-1} \times 14 = 15.56 \text{ m.} = B'H = C'E$$

اذن :

$$\therefore HE = 20 + 15.56 + 15.56 = 51.12 \text{ m.}$$

مساحة المثلث (ABB') العمودى على كل من (AD) و (BC) و (HE) تساوى :

$$= (40/2) \times 15.56 = 311.20 \text{ m}^2$$

فالحجم V يساوى :

$$V = (\text{المساحه}) \times (\text{معدل الارتفاع})$$

$$V = \frac{311.20}{3}(AD + BC + HE)$$

$$= 103.73\,(20 + 20 + 51.12) = 9452 \text{ m}^3$$

وبنفس الطريقه بالنسبة للمثلث $(AA'B')$:

$$x = \left(1 + (1/10)\right)^{-1} \times 10 = 9.09 \text{ m.} = A'G = D'F$$

$$\therefore GF = 20 + 9.09 + 9.09 = 38.18 \text{ m.}$$

فمساحة المثلث $(AA'B')$ العمودى على كل من (AD) و (GF) و (HE) تساوى :

$$= ((x + AB + y)/2) \times 10$$

$$= (64.65/2) \times 10 = 323.25 \text{ m}^2$$

اذن فالحجم V يساوى

$$V = (323.25/3) \times (20 + 38.18 + 51.12) = 11777 \text{ m}^3$$

والحجم الكلي اذن يساوى :

$$9\,452 + 11\,777 = 21\,229 \text{ m}^3$$

تحقـــيق :

$$((ABB')\ \text{الاسفين}) = (40/6)((20 + 20 + 51.12) \times 15.56) = 9\,452\ m^3$$

$$((AA'B')\ \text{الاسفين}) = (64.65/6)((20 + 38.18 + 51.12) \times 10 = 11\,777\ m^3$$

5-2-2 تاثير التقـــوس على الاحـــجام Effect of Curvature on Volumes

فقط عندما تكون المقاطع العرضيه متوازيه يكون قانوني شبه الموشور والقاعدة النهـائيه صـحيحين . اما اذا كانت الحفريات مقوسه (شكل 2-18) فالمقاطع تكون قطرية radial ويجب ان يجرى تصـحيحا للقوس :

تتص نظرية باباص Pappus Theorem على ان الحجم الحقيقي يكون حيث تكون المسافه بين المقاطع العرضيه مقاسة على خط مـمر مركز الثقل .

والآن لناخذ الحـجم بين اول مقطعين الذين مساحتهما A_1 و A_2 :

المسافه بين المقطعين مقاسة على خـط الوسط تـساوى $(X'Y')$ وتساوى D .

الزاويه المقابله δ في المركز (D/R) زاويه قطريه .

والان الطول على خط مـمر مركز الثقل يسـاوى (XY) و يساوى δ مضروبة بمعدل نصف القطر لخط مسار مركز الثقل ، حيث ان معدل نصف القطر هذا يساوى :

$$= R - (d_1+d_2)/2$$
$$= R - d$$

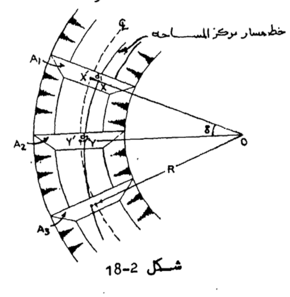
اذن

$$\therefore XY = \delta\,(R - d) = D\,(R - d)/R$$

والحـــجم V بطريقة المسا حه النهائيه يســاوى :

$$V = \tfrac{1}{2}\,(A_1 + A_2) \times XY = \tfrac{1}{2}\,(A_1 + A_2)\,D\,(R - d)/R$$
$$= \tfrac{1}{2}\,(A_1 + A_2)\,D\,(1 - d/R)$$

بمعنى اخر انه تم تصحيح التقوس بضرب المساحه A_1 بالمقدار $(1 - d_1/R)$ وضرب المســاحه A_2 بالمقدار $(1 - d_2/R)$. ثم تستخدم هاتين المساحتين المصححتين بالطريقة الاعتياديه . اما في قانون المساحه النهائيه او قانون شبه الموشور ، حيث تقاس D على مسار الخط الوسطي . فاذا كان مسار مركز الثقل يقع وراء الخط الوسطي كما في المقطع A_3 ، فالتصحيح يكون : $(1 + d_3/R)$



شـكل 2-18

هذا التصحيح للانحناء ، مرة اخرى ، لا يطبق على الاعمال الترابيه البتة في التطبيقات العمليه ، وبالتاكيد يمكن الاثبات بان تاثيره يزول في مشاريع الاعمال الترابيه الطويله .

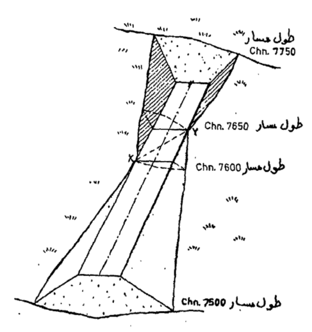
امثلـه محلـولـه

مثال 1 يبين الشكل 2-19 مقطعا لانشاء طريق وجعله مستويا level road بعرض 20م. حيث يتضمن العمل تغيير من ردم الى قطع . من المعلومات المقدمه في مقتطف دفتر الحقل التالي ، اوجد احجام القطع cut والردم fill باستخدام طريقة المساحه النهائيه ، وصحح بالنسبة للزيادة شبه الموشوريه Prismoidal excess .

طول المسار	يسار	وسط	يمين
7500	$-\frac{10.0}{36.0}$	$-\frac{20.0}{0}$	$-\frac{8.8}{22.0}$
7600	$\frac{0}{10}$	$-\frac{6.0}{0}$	$-\frac{14.0}{24.6}$
7650	$\frac{16.0}{22.0}$	$\frac{4.0}{0}$	$\frac{0}{10}$
7750	$\frac{13.5}{24.0}$	$\frac{22.0}{0}$	$\frac{8.6}{26.0}$

الحل ، (1) على الطلبه ان يتذكروا طريقة تسجيل القراءات ومقارنتها مع المقاطع المبينه في شكل 2-20 .

(2) كذلك يجب ملاحظة طريقة تجزئة المقاطع الى مثلثات .



شكل 2-19

مساحة المقطع العرضي عند طول مسار (75 + 00) :

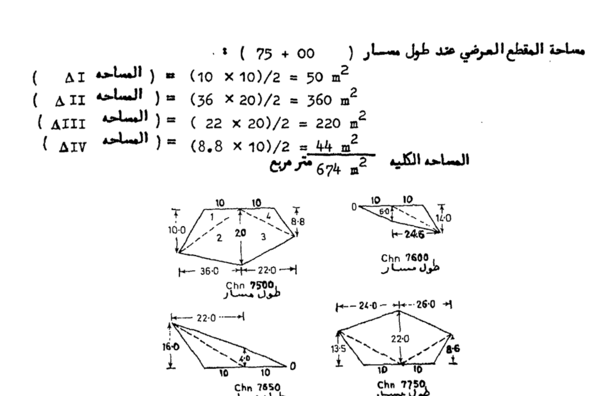
(المساحة ΔI) = $(10 \times 10)/2 = 50\ m^2$

(المساحة ΔII) = $(36 \times 20)/2 = 360\ m^2$

(المساحة ΔIII) = $(22 \times 20)/2 = 220\ m^2$

(المساحة ΔIV) = $(8.8 \times 10)/2 = 44\ m^2$

المساحه الكليه $674\ m^2$ متر مربع



شكل 2-20

و بنفس الطريقه ، مساحة المقطع العرضي عند طول مسار (76 + 00) يساوى 173.8 متر مربع.

فالحجم بطريقة المساحه النهائيه V : $V = (674 + 173.8)/2 \times 100 = 42\ 390\ m^3$

الزياده شبه الموشوريه : $= (100/12)(20 - 6)\times(58 - 34.6) = 2\ 730\ m^3$

فالحجم الصحيح يساوى 39 660 متر مكعب .

و هو الحجم بين المقطعين (76 + 00) و (76 + 50) .

يبين الخط (XY) في الشكل 2-19 بوضوح بان حجم الردم في هذا المقطع يؤلف هرما فيه المقطع (76 + 00) قاعده للهرم وارتفاعه 50 م . لذا فان استخدام قانون الهرم يكون اكثر دقة وسرعة .

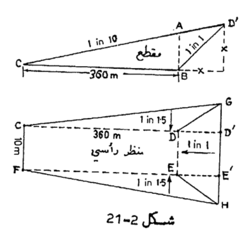
الحجم V يساوى : $V = AL/3 = (173.8 \times 50)/3 = 2\ 897\ m^3$

اذن حجم الاملائيات الكلي : $= 39\ 660 + 2\ 897 = 42\ 557\ m^3$

والان يجب على الطالب احتساب حجم القطع cut بنفسه . (الجواب : 39925 متر مكعب)

مثال 2 ، لمنفذ مؤدي الى نفق عرض تكوين مستوى level formation مقداره 10 م ، يمر بجانب تل مستوى فيه الميل الطبيعي للارض 1 الى 10 . علما بان خط تقاطع مستوى الطريق هذا مع الارض الطبيعيه عمودي على الخط الوسطي للنفق . المطلوب امرار مستوى التكوين مسافة 360 م داخل جانب التل منتهيا بقاعدة لحفريات فيها الميل يساوى 1 شاقولي الى 1 افقي . المطلوب جعل ميل الجوانب 1 شاقولي الى 1.5 افقي . اوجد كمية الحفريات بالامتار المكعبه . وسوف تخصم درجات عن عدم تطابق الحسابات للاشكال المرسومه بوضوح . (جامعة لندن) .

الحل ، ان الشكل 2-21 يوضح السؤال المحلول بالطرق المدافع عنها سابقا .



شكل 2-21

الارتفاع (AB) يساوى 36 م حيث ميل الارض 1 الى 10.

بطريقة معدل الوصول rate of approach :

$$x = (1-1/10)^{-1} \times AB = (10 \times 36)/9 = 40 \text{ m.} = DD'$$

وحيث ان الانحدارات الجانبيه هي 1 الى 1.5 وان الارتفاع D' يساوى 40 م.

اذن : $\therefore\ D'G = 40 \times 1.5 = 60 \text{ m.} = E'H$

اذن : $\therefore\ GH = 130 \text{ m.}$

مساحة المثلث (BCD') في المقطع اعلاه العموديه على كل من (GH) و (DE) و (CF) تساوى :

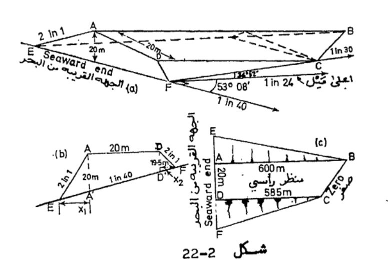
$$= (360/2) \times 40 = 7200 \text{ m}^2.$$

فالحجم V يساوى :

$$V = (7200/3) \times (130 + 10 + 10) = 360\,000 \text{ m}^3.$$

تحقيق : $= (360/6) \times ((130+10+10) \times 40) = 360\,000 \text{ m}^3.$ (الاسفين (BCD'))

مثال 3 ، ركيزة صلده يجب ان يكون فيها الجزء العلوى مستوى وبعرض 20 م ، كما انه يجب ان يكون للجوانب ميلا مقداره 2 شاقولي الى 1 افقي وان تكون النهاية القريبة من البحر شاقولية وعمودية على محور الركيزه . فقد تقرر ان تنشأ على أرض صخريه ذات ميل مقداره 1 الى 24 وان اتجاه الاطى ميل هذا max. slope يصنع زاوية مع اتجاه الركيزه ظلها يساوى 0.75 . فاذا كان اقصى ارتفاع للركيزه يساوى 20م فوق الصخر متناقصا الى الصفر في الجهه القريبه من البحر . اوجد حجم المواد المطلوبه . (جامعة لندن)



شكل 22-2

الحـل ، يوضح السـؤال الشكل 22-2 . يجب على الطلبه ملاحظة بانه ليس المطلوب فقط هو الانحدار باتجاه الركيزه وانما ايضا الانحدار الذى هو باتجاه عمودى على الركيزه .

بطريقة الانحدار Dip والضرب Strike :

tan (الميل الظاهرى) = tan (اقصى ميل) × cos (الزاويه المحصوره)

او :

$$1/x = 1/24 \times \cos 36°52'$$

حيث :

$$\tan^{-1}(0.75) = 36°52'$$

اذن الميل باتجاه الركيزه هو 1 الى 30 ،

اذن :

$$\therefore AB = 20 \times 30 = 600 \text{ m.}$$

والميل باتجاه متعامد :

$$1/y = 1/24 \times \cos 53°08'$$

اذن :

$$y = 40$$

فالميل يساوى 1 الى 40 كما مبين في الشكل 22a-2 .

اذن :

$$\therefore DD' = 19.5 \text{ m.}, \quad DC = 19.5 \times 30 = 585 \text{ m.}$$

من الشكل 22b-2 :

$$x_1 = (2 - 1/40)^{-1} \times 20 = 10.1 \text{ m.}$$

$$x_2 = (2 + 1/40)^{-1} \times 19.5 = 9.6 \text{ m.}$$

اذن :

∴ (مساحة المثلث (EAA')) $= (20 \times 10.1)/2 = 101 \text{ m}^2$

∴ (مساحة المثلث (DFD')) $= (19.5 \times 9.6)/2 = 93.6 \text{ m}^2$

والان :

(الحجم (ABCD)) = (المساحه المستويه) × (معدل الارتفاع)

$= ((600+585)/2) \times (20+19.5+0+0)/4$

$= 117\ 315 \text{ m}^3$

(حجم الهرم (EAB)) = ((مساحة (EAA')).AB)/3 $= (101 \times 600)/3$

$= 20\ 200 \text{ m}^3$

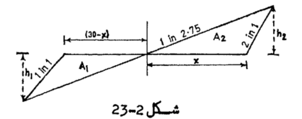
(حجم الهرم (DFC)) = ((مساحة (DFD')).DC)/3 $= (93.6 \times 585)/3$

$= 18252 \text{ m}^3$

اذن فالحجم الكلي يساوى : $V = 117\ 315 + 20\ 200 + 18\ 252 = 155\ 767\ m^3$.

و بطريقة اخرى ، تحتسب مساحة المقطع عند طول المسارات صفر و (585/2) و 585 ثم تطبق قاعدة شبه الموشور زائدا معاملة الحجم من طول مسار 585 الى 600 كسهرم ، يعطي الجواب 155 525 متر مكعب .

مثال 4 ، اعمال ترابيه طولها 100 م لانشاء طريق ، لها مقطع ثابت في القطع cut والردم fill والذى فيه مساحة القطع تساوى مساحة الردم . كما وان عرض مستوى التكوين النهائي للطريق يساوى 30 م والميل العرضي للارض يساوى 20° ، ثم ان الانحدارات الجانبيه هي $\frac{1}{2}$ افقي الى 1 شاقولي في القطع و 1 افقي الى 1 شاقولي في الردم . اوجد حجم الحفريات في المائة متر طول .
(جامعة لندن)



شكل 2-23

الحل ، لو ان الطالب يدوّر الشكل 2-23 بزاوية 90° فان الميل 1 الى 2.75 (20°) يصبح 2.75 الى 1 ، والميل 2 الى 1 يصبح 1 الى 2 . اذن فبطريقة معدل الوصول :

$$h_1 = (2.75 - 1)^{-1} \cdot (30 - x) = (30 - x)/1.75$$

$$h_2 = (2.75 - \tfrac{1}{2})^{-1} \cdot x = x/2.25$$

والان مساحة المثلث A_1 تساوى : $= (30 - x)/2 \times h_1 = (30 - x)^2/3.5$

ومساحة المثلث A_2 تساوى : $= x/2 \times h_2 = x^2/4.5$

ولكن المساحة A_1 تساوى المساحة A_2 : $\therefore\ (30 - x)^2/3.5 = x^2/4.5$

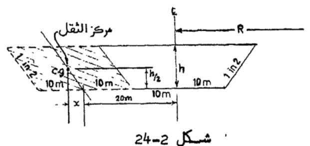
$$(30 - x)^2 = (3.5/4.5)\ x^2 = (7/9)x^2$$

التي منها ينتج ان x تساوى 16 متر .

$\therefore$ (المساحة A_2) $= (16^2/4.5) = 56.50 m^2 =$ (المساحة A_1)

اذن فالحجم في المائة متر طول يساوى : $= 56.5 \times 100 = 5650\ m^3$

مثال 5 ، طول معيّن من طريق فيه عرض التكوين يساوى 20م ويقع في قطع cut الميول الجانبية فيه تساوى 1 شاقولي الى 2 افقي . الخط الوسطي للطريق هو جزء من منحني دائرى نصف قطره 750 م ، وان سطح الارض وسطح التكوين افقيان لاى مقطع على طول هذا الجزء من الطريق ، وعمق مستوى الطريق عن مستوى الارض عند خط الوسط للطريق عند طول خط مسار 5400م يساوى 10 م وعند طول خط مسار 5500 م يساوى 18 م . وقد تقرر زيادة عرض الطريق بمقدار 20م لتعريض ممر السيارات لانشاء موقف سيارات ، بحيث ان مقدار التعريض يجب ان يكون بكامله في جهة الطريق البعيده عن مركز انحناء الطريق ، والميل الجانبي الجديد سيكون 1 شاقولي الى 2 افقي .
باستخدام قانون شبه الموشور ، اوجد حجم الحفريات بين خطي المسارين 5400م و 5500 م ، علما بان عمق مستوى الطريق عن مستوى الارض يتغير بانتظام مع المسافه على طول الطريق .
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)



شكل 2-24

الحل ، يتضح من الشكل 2-24 بان مركز الثقل للحفريات الاضافيه يقع على مسافة $(20 + x)$ م من الخط الوسطي للمنحنى . والمسافه x سوف تتغير من مقطع الى مقطع . ولكن ، حيث ان الميل الجانبي هو 1 الى 2 ، اذن :

$$x = 2 \times h/2 = h$$

المسافة الافقيه لمركز الثقل من خط الوسط تساوى $(h + 20)$

عند المسار 5400 م : $h_1 = 10\ m.\ ,\ \therefore\ 20 + h = 30\ m. = d_1$

عند المسار 5450 م : $h_2 = 14\ m.\ ,\ \therefore\ 20 + h = 34\ m. = d_2$

عند المسار 5500 م : $h_3 = 18\ m.\ ,\ \therefore\ 20 + h = 38\ m. = d_3$

مساحة الحفر الاضافي عند المسار 5400 م : $= 10 \times 20 = 200\ m^2 = A_1$

مساحة الحفر الاضافي عند المسار 5450 م : $= 14 \times 20 = 280\ m^2 = A_2$

مساحة الحفر الاضافي عند المسار 5500 م : $= 18 \times 20 = 360\ m^2 = A_3$

والان تصحح المساحات اعلاه للانحناء :

$$\text{مصححه} = A\left(1 + \frac{d}{R}\right)$$

عند المسار 5400 م المساحة المصححه للانحناء : $= 200\ (1 + 30/750) = 208\ m^2$

عند المسار 5450 م المساحه المصححه للانحناء : $= 280\ (1 + 34/750) = 292.6\ m^2$

عند المسار 5500 م المساحة المصححه للانحناء : $= 360\ (1 + 38/750) = 378\ m^2$

اذن الحجم V يساوى :

$$V = \frac{100}{6}(208 + 4 \times 292.6 + 378) = 29\ 273\ m^3$$

تمارين

(1) المطلوب ان ينشأ طريق يؤدى الى مقطع في ارض مستويه باتجاه " الضرب Strike " ، حيث اقصى ميل " الانحدار التام Full Dip " الذى نسبته 1 الى 12.86 يكون الى اليسار من اتجاه القياد ه . ويجب ان يكون للطريق المزمع انشاؤه ميلا منتظما على طوله وباتجاه مساره بنسبة 1 الى 50 ، وعرض مستوى مقداره 20م ، كما وان الميول الجانبيه تساوى 1 الى 2 ، وان مقدار انخفاض مستوى خط الوسط للطريق عند طول المسار صفر يساوى صفر .
فجأة ، يدور اتجاه الطريق عند طول المسار 400 م بزاويه مقدارها 40° ، اوجد حجم الحفريات بين الموقعين عند طولي المسارين 400 م و 600 م .
(الجواب : 587 169 متر مكعب)

(2) في النية انشاء طريق على سفح تل ميله 1 الى 50 العمودى على خط الوسط للطريق ، كما وان الميول الجانبيه يجب ان تكون 1 الى 2 في القطع و 1 الى 3 في الردم ، كا وان سطح التكوين النهائي مستوى وبعرض 20 م . اوجد موقع خط الوسط للطريق نسبة الى نقطة تقاطع سطح الطريق مع الارض الطبيعيه ، (a) لجعل مساحة القطع تساوي مساحة الردم .
(b) لجعل مساحة القطع تساوى 0.8 من مساحة الردم ، اخذا بنظر الاعتبار خاصية ازدياد حجم الحفريات بعد الحفر . (جامعة لندن)
(الجواب : (a) 0.3 م في القطع ، (b) 0.2 م في الردم .)

(3) في النية انشاء خزان ماء في وادى نهر وذلك باقامة سد على عرضه . وقد كان قد تم المسح الطوبوغرافي لكامل المساحة التي ستغطى بالخزان ورسمت خطوطها الكنتوريه على فترات مقدارها 1.5 م ، كما ان منسوب اوطأ نقطه في الخزان يساوى 249 م فوق خط الاسناد ، بينما لا يزيد اعلى مستوى للماء على 264.5 م . اما المساحه المحصوره بين كل خط كنتورى ووجه السد من جهة الخزان فهي مبينه في الجدول ادناه :

الخط الكنتورى (متر)	المساحة المحصوره (متر مربع)
250·0	1 874
251·5	6 355
253·0	11 070
254·5	14 152
256·0	19 310
257·5	22 605
259·0	24 781
260·5	26 349
262·0	29 830
263·5	33 728
265·0	37 800

باستخدام قانون شبه المنحرف ، اوجد سعة الخزان عندما يكون مملوءا . ماذا سيكون منسوب الماء في الخزان (في وقت الجفاف) لو نقص هذا الحجم بمقدار 25 بالمائه ؟ (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه) .
(الجواب : 211 294 متر مكعب ، 262.3 متر مكعب)

(4) الارتفاعات الوسطيه للارض فوق مستوى سطح التكوين النهائي في ثلاث مقاطع المسافة بينها 100 م هي 10م و 12م و 15 م والانحدار العرضي cross fall عند هذه المقاطع على التوالي هو 1 الى 30 و 1 الى 40 و 1 الى 20 . فاذا كان عرض سطح التكوين النهائي 40 م والميول الجانبيه 1 شاقولي الى 2 افقي . اوجد حجم الحفريات في طول المائتي متر :
(a) اذا كان خط الوسط مستقيما .
(b) اذا كان خط الوسط منحنيا نصف قطره 400 م . (جامعة لندن)
(الجواب : (a) 158 367 متر مكعب (b) ($= 158\ 367 \pm 1\ 070\ m^3$))

3-2 مخططات نقل الترب (M.H.D.) MASS HALL DIAGRAM

تستخدم مخططات نقل الترب لمقارنة اقتصادية الطرق المختلفه في توزيع الاعمال الترابيه في مشاريع انشاء الطرق و الخطوط الحديديه . بواسطة الاستخدام المزدوج لمخططات نقل الترب ، برسمها تحت المقطع الطولي لخط وسط اعمال المسح بالامكان ايجاد :

(1) المسافات التي يتم تساوى القطع والردم على طولها .
(2) الكميات الواجب نقلها واتجاه النقل .
(3) المساحات التي توءخذ منها التربه او تطرح فيها كفائض ، و الكميات الداخله في هذه العمليات .
(4) اتباع احسن الاساليب للاستفاده القصوى في المشروع اقتصاديا .

1-3-2 تعـاريف Definitions

(1) النقـل Haul ، يعني حجم المواد مضروبا بالمسافه المنقوله ، وقد اتخذت " اليارده محطه " كوحدة قياس له .

(2) اليارده محطه Station Yard ، هي يارده مكعبه واحده من الماده ، تحرك مسافة 100 قدم (في وقت كتابة هذا الكتاب لا يوجد وحده مماثله بالقياس المترى ، ولو يمكن ان يتقرر استخدام وحدة المتر مكعب لتحرك مسافة 100 م . وهكذا ، 20 متر مكعب تحرك مسافة 1500 م هو نقل Haul مقداره 300 (=20 ×1500/100=300st.m) متر محطه .)
لاحظ جيدا ، من الان فصاعدا سوف يستخدم التعبير "متر محطه " Station Metre " ويعرف كما في اعلاه .

(3) النقـل المجـاني Free Haul و النقل الاضافي Overhaul ، يمكن التعبير عنهما باحسن شكل بواسطة مثال . فمثلا ، مقاول يمكن ان يقدم عرضا بنقل مواد لمسافة 150م بسعر 50 بنس[1] للمتر المكعب الواحد ، وبعد هذه المسافه يمكن ان يطلب 5 بنسات لكل متر محطه اضافي ، اى 5 بنسات لكل متر مكعب ينقل 100م من المسافه . تسمى مسافة الـ 150 م " مسافة النقل المجاني " Free Haul Distance وتعتمد على مسافة النقل الاكثر اقتصادية لمشروع نقل تربة ما . وهذه المسافه المجانيه يمكن ان تمتد من 100 م لماكنة البلدوزر (الدافعه) الى 3000 م للسكريبرات (قاشطات) ذاتية السحب Self Propelled Scrapers . وتسمى عملية النقل لما بعد مسافة النقل المجاني بالنقل الاضافي Overhaul .

(4) الفائـض Waste ، هي المواد الناتجه من القطع والتي لا تستخدم في الاملائيات الترابيه .

(5) الديـن Borrow ، هي المواد اللازمه للاملائيات الترابيه التي يوءتى بها ليس من حفريات الطريق وانما من موقع اخر ، وعليه يقال بان المواد قد جيء بها من " حفرة دين Borrow Pit " .

(6) حدود النقل الاقتصادى Limit of Economical Haul ، هي اكبر مسافة نقل اضافي Overhaul زائدا مسافة النقل المجاني Free Haul . وعند وصول هذا الحد يصبح رمي المواد المحفوره جانبا اكثر اقتصاديا ، ويستدان لغرض الاملائيات ، فعلى سبيل المثال افرض ان : مسافة النقل المجاني 500م .
والنقل الاضافي 10 بنسات لكل متر محطه (اى 10 بنسات لنقل متر مكعب واحد مسافة 100م)
و سعر الدين 30 بنس لكل متر مكعب .

---

1 وحدة صغيرة في العملة الاسترلينية تساوي 1 من مائة من الباون الاسترليني .

من هذه الارقام يمكن الاستدلال بان نقل متر مكعب واحد لمسافة 300 م سيكلف 30 بنس ، مساويا لكلفة الدين ، هذه هي اكبر مسافه للنقل . مع ذلك ، وقبل البدء بالنقل الاضافي ، يمكن نقل التربه ضمن مسافة النقل المجاني البالغه 500م .

وهكذا فحدود النقل الاقتصادى يساوى :

= 300 + 500 = 800 m.

2-3-2 الانتفاخ Bulking والانكماش Shrinkage

عملية الحفر تجعل المواد ترتخي ولهذا فحجمها المحفور هو اكبر من حجمها قبل الحفر . مع ذلك فعندما تردم وترص يمكن ان تاخذ حجما اقل مما كان عليه قبل الحفر . فمثلا ، تكون التربة الاعتياديه (10%) اقل بعد الردم بينما الحجر يزيد بمقدار (20%) الى (30%) . ولتصحيح هذه الظاهره هناك معامل للتصحيح يطبق عادة على الحجوم المقطوعه (اى المحفوره) او المردومه .

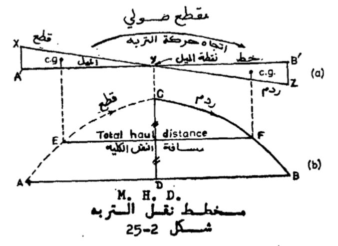
3-3-2 انشاء مخطط نقل التربه Construction of M.H.D.

مخطط نقل التربه هو عبارة عن خط منحني مستمر ، احداثياته الشاقوليه مرسومة على نفس مقياس المسافه كالمقطع الطولي ، وهذه الاحداثيات تمثل المجموع الجبرى للاحجام المصححه (+للقطع و – للردم) .

2-3-4 خواص مخطط نقل التربه Properties of the M.H.D.

لاحظ الشكل 2-25a الذى فيه المطلوب تسوية الارض (XYZ) بموجب خط الانشاء (ÁB́) . وافرض ان احجام الردم ، بعد التصحيح ، تساوى احجام القطع ، فان مخطط نقل التربه سوف يرسم كما مبين في الشكل 2-25b ، وهكذا :

(1) لما كان الخط المنحني للمخطط يمثل المجموع الجبرى للحجوم ، فان اى خط افقي يرسم موازيا الى القاعده (AB) سوف يعين الاحجام المتكافئه ، وكذا خط يسمى خط التساوى او "خط التكافوء Balance Line" وحتى يمكن ان يمثله الخط (AB) نفسه والذى يعني ان مجموع القطع يساوى مجموع الردم .

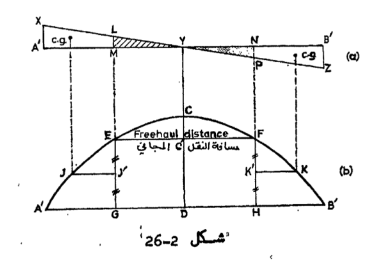


M. H. D.
مخطط نقل التربه
شكل 2-25

(2) المنحني الصاعد والممثل بخط منقط يشير الى القطع الموجب + ، والمنحني النازل يشير الى الردم السالب ـ .
(3) اعلى واخفض نقطه للمخطط تقع مباشرة تحت نقطة تقاطع الارض الطبيعيه مع ميل التكوين formation grade ، وكذا تقاطع يسمى نقاط الميل grade points .
(4) عندما يرتفع منحنى نقل التربه فوق خط التكافؤ (AB)، يكون النقل من اليسار الى اليمين ، اما اذا وقع المنحني تحت خط التكافؤ فالنقل يصبح من اليمين الى اليسار .
(5) الحجم الكلي للقطع يمثل باكبر المركبات (CD) .
(6) عند نقل التربه من قطع الى ردم ، افرض ان اول تحميل سيكون من القطع في X الى الردم في Y ، واخر تحميل من القطع في Y الى الردم في Z ، وهكذا ستظهر مسافة النقل كانها من نقطة متوسطة المسافه بين X و Y الى نقطه متوسطة المسافه بين Y و Z . ولما كان المقطع يمثل حجما وليس مساحة فان مسافة النقل هي من مركز ثقل حجم القطع الى مركز ثقل حجم الردم . وبالامكان ايجاد المواقع الافقيه لهذه مراكز الثقل بتنصيف مركبة الحجم الكلي بواسطة الخط الافقي (EF) .
والان حيث ان النقل Haul يساوى (الحجم × المسافه) فالنقل الكلي في المقطع يساوى :
= (مسافة النقل الكلي) × (الحجم الكلي) =
= (CD) × (EF) / 100 stn.m. (اي متر محطه)

5-3-2 خطوات الموازنه Balancing Procedures

لاجل توضيح استخدام مسافة النقل المجاني ، لاحظ الشكل 2-26 .



شكل 2-26

(1) افرض ان مسافة النقل المجاني تساوي 100 م، حرك هذه المسافه المقاسه الى اعلى والى اسفل المخطط مع الحفاظ على توازيه للقاعده (A′B′) حتى يقطع المنحني في E و F .
(2) يشير (EF) على المقطع الطولي الى ان حجم القطع (LMY) يساوى حجم الردم (YNP) . الحجم : (CC′) وهذا بديهيا يقع ضمن مسافة النقل المجاني .
(3) حجم القطع المتبقي (XLMA′) ممثل بالمركبه (EG) وهذا يساوى حجم النقل الاضافي .
(4) حجم النقل الاضافي (XLMA′) يجب ان يردم (NPZB′)، حيث ان معدل المسافه هي من مركز ثقل الى مركز ثقل ، وتحدد مواقع مراكز الثقل بتنصيف (EG) و (FH) وهذا يعطي المسافه الافقيه بين مركزي الثقلين (JK) .

(5) لو فرضنا ان (JK) يساوى 250 م ، فان حجم النقل الاضافي يجب ان ينتقل بهذه المسافه ، ولو ان المائة متر الاولى من النقل لا تزال ضمن مقاولة النقل المجاني . وهكذا مسافة النقل الاضافي هي :

$= 250 - 100 = 150$ m.

(6) بديهيا يتبين من (5) بان الحجم الكلي : $= CC' + EG = CD$

يقع ضمن مقاولة النقل المجاني .

(7) وهكذا فان النقل الاضافي يساوى حجم النقل الاضافي مضروبا بمسافة النقل الاضافي ، اى :

$= EG\ (JK - EF)$

امثله محلوله

مثال 1 ، تعود المعلومات التاليه الى مقطع من خط سكة حديديه مطلوب انشاؤه بطول 1200م ويجب ان يتم تخطيط الاعمال الترابيه في هذا المقطع بدون الالتفات الى المقاطع المجاوره . حيث يبين الجدول المحطات ومناسيب السطح على طول الخط الوسطي ،كما ان مستوى التكوين النهائي formation level يقع على ارتفاع 43.50م فوق خط الاسناد datum وعند طول مسار 70 م، ثم يرتفع بميل منتظم مقداره (1.2%)، علما بان الاحجام معطاة بالامتار المكعبه، كما وان القطع موجب + والردم سالب - .

الحل ، (1) ارسم المقطع الطولي باستخدام مقياس افقي مقداره 1 الى 1200 ومقياس شاقولي مقداره 1 الى 240 .

(2) بفرض معامل تصحيح مقداره 0.8 للردم ، ارسم مخطط نقل التربه (MHD) بمقياس شاقولي بحيث ان 20 ملم تمثل 1000 متر مكعب .

(3) احسب النقل الاضافي Overhaul بوحدات " متر محطه " وعين "حدود النقل haul limits" على المنحني والمقطع .

(3) بين الذى تفضله من التخمينات التاليه :

(a) ليس هناك نقلا مجانيا بسعر 35 بنس للمتر المكعب من الحفر والنقل والردم .

(b) هناك مسافة نقل مجاني مقدارها 300م بسعر 30 للمتر المكعب زائدا بنسين لكل متر محطه من النقل الاضافي .

المسار	منسوب السطح	الحجم	المسار	منسوب السطح	الحجم	المسار	منسوب السطح	الحجم
70	52.8		74	44.7		78	49.5	
		+1860			−1080			−237
71	57.3		75	39.7		79	54.3	
		+1525			−2025			+362
72	53.4		76	37.5		80	60.9	
		+547			−2110			+724
73	47.1		77	41.5		81	62.1	
		−238			−1120			+430
74	44.7		78	49.5		82	78.5	

(جامعة لندن)

الحل ، للاجابه على الجزء الاول والثاني ، انظر الشكل 2-27
والقيم هي في الجدول ادناه :

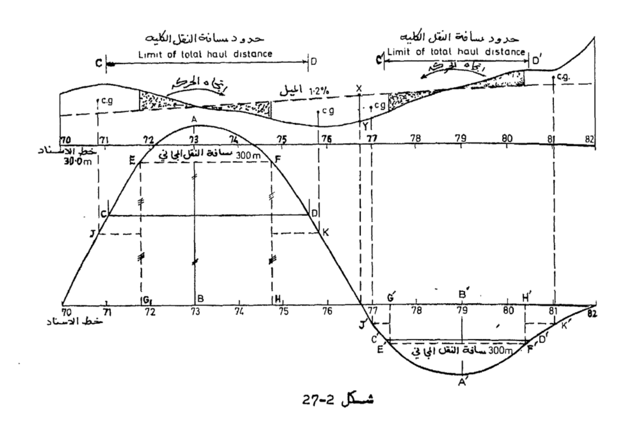
المسار	الحجم	مركبة التربه (المجموع الجبرى)
70	0	0
71	+1860	+1860
72	+1525	+3385
73	+ 547	+3932
74	− 238×0·8 = − 190·4	+3741·6
75	−1080×0·8 = − 864	+2877·6
76	−2025×0·8 = −1620	+1257·6
77	−2110×0·8 = −1688	− 430·4
78	−1120×0·8 = − 896	−1326·4
79	− 237×0·8 = − 189·6	−1516
80	+ 362	−1154
81	+ 724	− 430
82	+ 430	0

لاحظ جيدا : (1) الحجم عند المسار 70 م يساوى صفر .
(2) ترسم مركبات مخطط نقل التربه دائما على المحطات وليس بينها .
(3) ترسم الان مركبات التربه الشاقوليه للمخطط بنفس المقياس الافقي كما في حالة المقطع الطولي و مباشرة تحته .
(5) تاكد من ان اعلى واخفض نقطه في منحني مخطط النقل تقع مباشرة تحت نقاط الميل على المقطع .
(6) يشير استخدام خط الاسناد datum line كخط وزن الى تساوى الاحجام بين المسار 70 م الى (XY) وبين (XY) الى المسار 82م

النقل الكلي total haul (باخذ كل حلقه على حده) يساوى (الحجم الكلي) ×(مسافة النقل الكليه)
ومسافة النقل الكليه هي المسافه بين مركز ثقل القطع الكلي و مركز ثقل الردم الكلي ، و يمكن ايجادها بتنصيف (AB) و (A′B′) لاعطاء المسافتين (CD) و (C′D′) .
فالنقل الكلي اذن يساوى :

$$= \frac{AB \times CD}{100} + \frac{A'B' \times C'D'}{100}$$

$$= \frac{3932 \times 450}{100} + \frac{1516 \times 320}{100} = 22\ 545 \text{ Stn.m.}$$



شكل 27-2

(a) لو لم يكن هناك نقلا مجانيا لانتقل الحجم باكمله بغض النظر عن المسافه وبسعر 35 بنس للمتر المكعب الواحد ، فالكلفة التقريبيه بالبنسات تساوى :

$$= (AB + A'B') \times 35 = 5448 \times 35 = 190\ 680 \quad \text{(بنس)}$$

(b) الغاية من تعيين مسافة النقل المجاني على المنحني هي لتقدير النقل الاضافي .

من مخطط نقل التربه ، كلفة النقل المجاني تساوى :

$$= (AB + A'B') \times 30$$ ... (انظر فقره 2-3-5 رقم 6)

$$= 163\ 440\ P. \quad \text{(بنس)}$$

وكلفة النقل الاضافي تساوى :

$$= \frac{EG(JK - EF)}{100} + \frac{E'G'(J'K' - E'F')}{100} \times 2$$

$$= 13\ 628\ P. \quad \text{(بنس)}$$

فالكلفة الكليه اذن تساوى :

$$= 163\ 440 + 13\ 628 = 177\ 068P. \quad \text{(بنس)}$$

اذن فالتخمين الثاني هو ارخص من التخمين الاول بمقدار 13 612 بنس وهذا يساوى 136.12 باون استرليني .

لاحظ : كافة الابعاد في الحل هي مقاسة من مخطط نقل التربه .

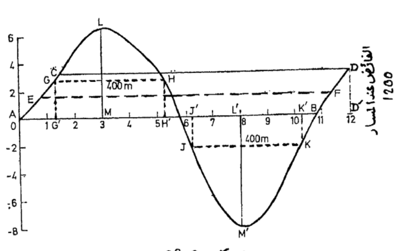
مثـال 2 ، الاحجام بين المقاطع خلال مسافة 1200 م طول لانشاء طريق هي كما مبينه في ادناه، حيث تعني الاحجام الموجبه حفريات والسالبه ردميات .

م طول المسـار	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
الحجم بين المقاطع $(m^3 \times 10^3)$	+2.1	+2.8	+1.6	-0.9	-2.0	-4.6	-4.7	-2.4	+1.1	+3.9	+3.5	+2.8	

ارسم مخططا لنقل التربه (MHD) لهذا الطول من الطريق بمقياس مناسب وعين مواقع ملائمه لخطوط الموازنه بحيث ان : (a) هناك فائض عند طول مسار 1200 م ولا يوجد فائض عند طول المسار صـفر .
(b) هناك فائض عند المسار صفر ولا يوجد فائض عند المسار 1200 م .
(c) هناك فائض متساو عند المسارين صـفر و 1200 م .

بعدها اوجد كلفة نقل التربه لكل من الحالات المذكورة اعلاه استنادا الى الاسعار التاليه وبحدود نقل مجاني مقداره 400 م .

حـفر ونقل و ردم (نقل مجاني) : 60 بنس للمتر المكعب الواحد .
= = = (نقل اضافي) : 85 بنس للمتر المكعب الواحد .
نقل الفائض من طـول مسار صفر الى النهايه : 125 بنس للمتر المكعب الواحد .
= = = = = 1200 م الى النهـايه : 150 بنس للمتر المكعب الواحد .
(جمعية المهندسين المدنيـين البريطانيه)



شـكل 2-28

الحـل ، لاجل رسم مخطط نقل التربه ، انظر الشكل 2-28 اعلاه .

مركبـات كميات التربه : 0 و (+2.1) و (+4.9) و (+6.5) و (+5.6) و (+3.6) و (-1.0) و (-5.7) و (-8.1) و (-7.0) و (-3.1) و (+0.4) و (+3.2) .

المستحـصله من الجمع الجـبري للحجوم .

(a) خط الموازنه (AB) يعطي فائضا عـند طول المسار 1200 م ولا يعطي فائضا عـند المسار صفر .
(b) خط الموازنه (CD) يعطي فائضا عند المسار صـفر ولا يعطي فائضا عند المسار 1200 م
(c) جعل خط الموازنه (EF) في وسط المسافه بين (AB) و (CD) ليعطي فائضا متساويا عـند كل من المسارين صفر و 1200 م .

ثبتت الاسعار بشكل غير اعتيادي في الجزء الثاني من السؤال . فالحفر والنقل والردم ضمن مسافة 400م هي بسعر 60 بنس للمتر المكعب الواحد ، الاستمرار بعد هذه المسافه يكلف سعرا اجماليا قدره 85 بنس للمتر المكعب الواحد ، وبذلك يكون سعر النقل الاضافي 25 بنس للمتر المكعب الواحد .
فالسؤال الان يجرى حله بالطريقة الاعتياديه ، ولكن ليس من الضروري ايجاد مسافة النقل الاضافي .
(a) باستخدام (AB) كقاعده ، (GH) و (JK) يؤشران النقل المجاني .

كلفة النقل المجاني :
$= (LM + L'M') \times 60$
$= (6500 + 8100) \times 60 = 876\ 000$

كلفة النقل الاضافي :
$= (GG' + JJ') \times 25$
$= (2800 + 2200) \times 25 = 125\ 000$

كلفة نقل الفائض :
$= DD' \times 150$
$= 3200 \times 150 = 480\ 000$

الكلفة الكليه : 1 481 000 بنس وتساوي 14 810 باون .

هذه الطريقه هي مشابهه للحالتين (b) و (c) اللتين تعتمدان خطي موازنه balancing lines مختلفين (CD) و (EF) على التوالي . ويجب على الطالب محاولة ذلك بنفسه .
(الجواب: (b) 14 130 باون (c) 14 380 باون)
ملاحظه : لما كانت خطوط النقل المجاني باقية ثابته ، لا يوجد نقل اضافي على الخط (CD) في المنحنى الاول من مخطط النقل (MHD) .

مثال 3 ، الاحجام بالامتار المكعبه للحفريات (+) وللردميات (-) بين مقاطع متتاليه المسافة بينها 100م على طول خط حديدي مطلوب انشاؤه بطول 1300م ، وهي كما مبينه ادناه :

المقطع	0	1	2	3	4	5	6	7
الحجم	−1000	−2200	−1600	−500	+200	+1300	+2100	

المقطع	7	8	9	10	11	12	13
الحجم	+1800	+1100	+300	−400	−1200	−1900	

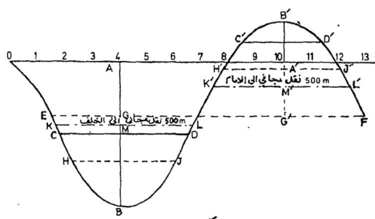
ارسم مخططا لنقل التربه (MHD) لهذا الطول ، اذا كان بالامكان استدانة التربه من احدى النهايتين ، اي طريقه تؤدي الى اقل نقل haul ؟ . بين على المخطط النقل المجاني الى الامام والى الخلف اذا كانت حدود النقل المجاني 500 م . واذكر هذه الحجوم . (جامعة لندن)

الحل ، بجمع الحجوم جبريا تتعين المركبات الشاقوليه التاليه للمخطط :

المقطع	0	1	2	3	4	5	6	7
الحجم (متر مكعب)	0	−1000	−3200	−4800	−5300	−5100	−3800	−1700

المقطع	8	9	10	11	12	13
الحجم (متر مكعب)	+100	+1200	+1500	+1100	−100	−2000

وهذه المركبات يتم تعيينها لاجل رسم مخطط النقل (MHD) في الشكل 2-29 .



شــكل 2-29

بجعل خط الموازنه يمر بالنهايه صفر يجرى السماح بالدين عند النهايه , 1300م .

(a) النقل الكلي : (مترمحطه)

$$= \frac{(AB \times CD)}{100} + \frac{(A'B' \times C'D')}{100} \text{ stn.m.}$$

$$= \frac{(5300 \times 475)}{100} + \frac{(1500 \times 282)}{100} = 29\ 405 \text{ stn.m.}$$ (مترمحطه)

لاحـــظ بان (CD) ينصف (AB) و (C′D′) ينصــف (A′B′) .

(b) بجعل خط الموازنه يمر في نهاية ال 1300 م فان (EF) يسمح بالدين عند النهايه صفر .

فالنقل الكلي : (مترمحطه)

$$= \frac{(GB \times HJ)}{100} + \frac{(G'B' \times H'J')}{100} \text{ stn. m.}$$

$$= (3300 \times 385)/100 + (3500 \times 430)/100 = 27\ 755 \text{ stn.m.}$$ (متر محطه)

وهكذا فالدين عـــند المسافه صفر هي أقل الاختيارين .

عـليه اذن ، النقل المجاني الى الخلف هو (MB) و يساوى 2980 متر مكعب .

النقل المجاني الى الامام هو (M′B′) و يساوى 2400 متر مكعب .

تمـــارين

(1) ادناه الحجوم بالامتار المكعبه بين مقاطع متتاليه المسافة بينها 100م وعــلى طول طريق مراد انشاؤه طوله 900م ، علما بان الحفريات موجبه + و الردميات سالبه — .

المقطـــع	0	1	2	3	4	5	6	7
الحجوم	+1700	−100	−3200	−3400	−1400	+100	+2600	

المقطـــع	7	8	9
الحجوم	+4600	+1100	

اوجد اكبر مسافة نقل Max.Haul Dist. عـــندما يكون بالامكان الاستغناء عن التربة فقط عند النهايه 900 م . بين و اوجد النقل الاضافي على الشكل اذا كان حد النقل المجاني 300 م .

(الجواب : 558م و 5500متر محطه) (جامعة لنـــدن)

2) الحجوم لكميات قطع وردم على طول طريق مزمع انشاؤه هي كما يلي :

المسار (m)	0	100	200	300	400	480
الحجم (m^3)	+290	+760	+1680	+620	+120	−20

المسار (m)	500	600	700	800	900	1000
الحجم (m^3)	−110	−350	−600	−780	−690	−400

المسار (m)	1100	1200
الحجم (m^3)	−120	

ارسم مخطط نقل التربه (MHD) . وباهمال المواد المحفوره الفائضه على طول هذا الخط ،
اوجد مقدار النقل الاضافي اذا كانت مسافة النقل المجاني تساوى 300م .
(الجواب : 350 متر محطه) (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

الفصل الثالث

المزواة (THEODOLITE) وتطبيقاتها

تستخدم المزواة لقياس الزوايا الشاقوليه والافقيه ، وهناك اساسا ثلاثة انواع ، ذات الورنيــه و ذات المايكروميتر والنوع ذات القوس الزجاجي glass-arc type ،حيث ان هذه الاسماء مستخرجه من اسلوب تركيب الاجهزه . فيمكن اعتبار ان استخدام النوعين الاولين قد بطل، ولو ان الشكل المبسط لنوع الورنيه هو مفيد في توضيح المزايا الاساسيه (شكل 3-1) . على الطلبه الرجوع الى كتب منهجيه نموذجيه في شرح الالآت ذات القوس الزجاجي .

عند الرجوع للشكل 3-1 يمكن مشاهدة المزايا الاساسيه ، كما يمكن الالتفات الى ما يلي :

(a) الدائره العموديه (الشاقوليه) هي مثبته باحكام الى المنظار (التلسكوب) وتدور معه .

(b) ورنية الدائره العموديه تبقى ثابته بالنسبة الى الدائره العموديه و هي المرجع الذى منـه تقاس الزوايا العموديه .

(c) في الالآت الحديثه تكون فقاعة الارتفاع altitudebuble مثبته مباشرة بورنية الدائره العموديه ، و هكذا فجعل فقاعة الارتفاع افقيه يضمن افقيـة صفر الورنيه . وفي قياس الزوايا العموديه يجب ان يتم ذلك قبل او مباشرة بعد التوجيه الى الهدف . تتوفر في الوقت الحاضر الدائره العموديه ذات التأشير التلقائي automatic indexing في عدد من اجهزة المزواة الحديثه.

3-1 الفحـوصات و التنـظيمات TESTS AND ADJUSTMENTS

لاجل ضمـان بقاء الآله منظمة ، يجب الحفاظ علـى العلاقات التاليه (شكل 3-1) :

(a) يجب ان يكون المحور العمودى للجهاز شاقوليا بحق عـندما تكون الفقاعة الدائريـه للقاعده متمركزة .

(b) يجب ان يكون خط النظر line of sight عموديا عـلى المحور الافقي

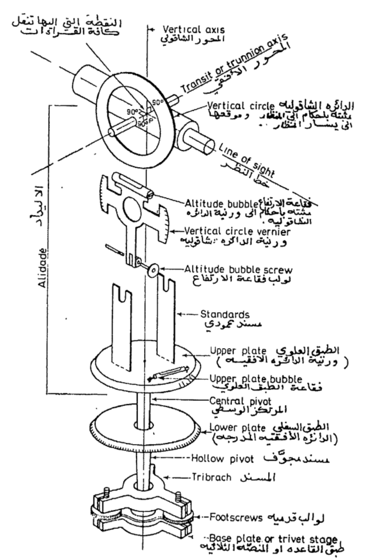
(c) يجب ان يكون المحور الافقي عموديا على المحور العمودى (الشاقولي) .

(d) عندما يكون المنظار افقيا ، يجب ان تقرأ الدائرة العموديّة صفرا (ستـعتمد هذه القراءه على صناعة الجهاز وعلى موقع الدائره العموديه من المنظار face position) و يجب ان تكون فقاعة الارتفاع altitude bubble متوسـطه .

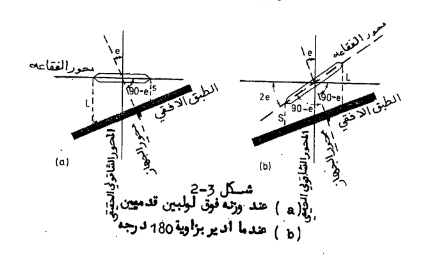
يجب اجراء الفحوصات والتنظيمات التاليه على فترات زمنيه منتظمه وحسب التسلسل المبين في ادناه :

فحص ميزان القاعده Plate Level Test

الغاية من هذا الفحص مذكورة في الفقره 3-1a ، فالمحور العمودى للجهاز عمودى عـلى الطبق الافقي (اى القاعده الافقيه horizontal plate) الذى يحمل فقاعة القاعده plate bubble ، ولضمان جعل المحور العمودى للجهاز شاقوليا حقيقة كما تشير اليه الفقاعه ، فمن الضرورى ضبط استقامة محور الفقاعه ليوازى الطبق الافقي .



THEODOLITE شكل 3-1 جهاز مزواة
ذو ورنيه مبسط



شكل 3-2
(a) عند وزنه فوق لولبين قدميين
(b) عندما ادير بزاوية 180 درجه

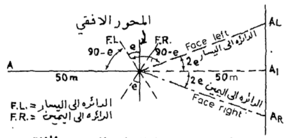
الفحص ، افرض بان الفقاعة ليست موازيه الى الطبق الافقي ولكنها تخطيء عنه بزاوية e .
فيتم عندها جعل الفقاعه موازيه الى اثنين من اللوالب القدميه و يجرى وزنها بشكل تقريبي ثم تدار بزاوية °90 وتوزن مرة ثانيه باستخدام اللولب القدمي الثالث . والان ترجع الى موقعها الاول و توزن بدقة باستخدام اللولبين القدميين ، فستظهر كما في الشكل 3-2a. والان يدار الجهاز بزاوية °180 فيظهر كما في الشكل 3-2b، اي ان الفقاعه ستتحرك عن المركز بمقدار يمثل ضعف الخطأ في الجهاز (2e) .

التنظيم ، ترجع الفقاعه مسافة نصف خطأها باتجاه المركز باستخدام اللولبين القدميين ، و هذا سيؤدي الى تحريك محور الجهاز بزاوية (e) و بذلك سيكون المحور شاقوليا بحق ، و تبقى الفقاعة بعيدة عن المركز بمقدار يتناسب مع الخطأ (e) . و يجب ان تعاد الى المركز برفع او خفض احدى نهايتي الفقاعه باستخدام اللوالب الرحويه المنظمه capstan adjusting screws .

تعامد خط النظر والمحور الافقي Collimation in Azimuth

الغـايه من هذا الفحص هو لضمان جعل خط النظر عموديا على المحور الافقي للجهاز .

الفحص ، تنصب المزواة وتوزن ويوجه المنظار ليتقاطع مع علامة دقيقه في A تقع على بعد 50 م تقريبا و بارتفاع الجهاز (شكل 3-3) . فاذا كان خط النظر عموديا على المحور الافقي فعند تدوير المنظار شاقوليا بزاوية °180 سيتقاطع عند A' . مع ذلك افرض ان خط النظر يصنع زاويه مقدارها (90-e) مع المحور الافقي كما مبين بخطوط منقطه في الوضعين عندما تكون الدائره العموديه الى يسار المنظار (F.L) والى يمينه (F.R) . فاذن في الوضع الذى تكون فيه الدائره العموديه الى يسار المنظار سيعين الجهاز علامة دقيقة عند A_L . والان بتغيير وضع الدائره العموديه واعادة تقاطع النقطه A ثم قلب المنظار transit تتعين علامة دقيقة في A_R . فمن الشكل يتضح بان المسافه (A_LA_R) تمثل اربعة اضعاف الخطأ في الجهاز (4e) . (عند النظر من خلال منظار المزواة وعندما تكون الدائره العموديه الى اليسار تسمى الرصده " رصدة وجه يسار Face Left Observation " والعكس بالعكس) .



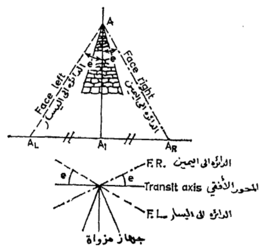
شكل 3-3 خط النظر والمحور الافقي متعامدين

التنظيم ، يجرى تحريك الشعرتين المتقاطعتين الان افقيا باستخدام لوالبها الافقيه الرحويه المنظمه Horizontal Capstan Adjusting Screws من A_R الى نقطة متوسطة المسافه بين A_R و A_1 ، وهذه هي ربع المسافه (A_LA_R) .

ان هذه الحركة في الدائرة Reticule حاملة الشعرتين المتقاطعتين ممكن ان تؤدى الى ازعاج موقع الشعره العموديه نسبة الى المحور الافقي . اى يجب ان تكون عمودية على المحور الافقي . ويمكن فحصها بقلب المنظار شاقوليا حول نقطة صغيره . فاذا تحركت الشعره العموديه عن النقطه ، معناها انها ليست عموديه على المحور الافقي ، فتصحح باللوالب المنظمه .
يعرف هذا الفحص عادة بالفحص الذى يضمن شاقولية الشعره العموديه والتي تكون عمودية حقا فقط عندما يكون المحور الافقي للجهاز افقيا . مع هذا فانه يمكن اجراء الفحص عندما لا تكون المزواة موزونة levelled ولهذا السبب يجب استخدام نقطه وليس خط شاقولي كما يقترح في بعض الاحيان .

الفحص بواسطة البرج Spire Test (فحص المحور الافقي Transit Axis Test)

يضمن هذا الفحص جعل المحور الافقي للجهاز عموديا على المحور العمودى .
افحص ، يتم نصب الجهاز ويوزن باعتناء على بعد 50م تقريبا من نقطة واضحه ومرتفعه ، من المفضل ان تكون بزاويه اكبر من 30° (شكل 3-4) فتقاطع النقطه المرتفعه A ، ويخفض المنظار الى موقعه الافقي وترصد علامة اخرى ، فاذا كان المحور الافقي منظما ستظهر النقطه A_1 تحت A مباشرة ، مع ذلك ، اذا كان الجهاز بخطأ يساوى e (المحور الافقي مبين كخط منقط في الحاله التي تكون فيها الدائره العموديه الى يسار المنظار والى يمينه) فسوف تكون العلامه في A_L . والان يجرى تغيير وضع المنظار بالنسبة للدائره العموديه فتصبح الى يمينه (FR) ويعاد تقاطع النقطه A ثانية ويخفض المنظار مرة اخرى الى موقعه الافقي لتعيين العلامه A_R . فالمسافه (A_LA_R) هي ضعف الخطأ في الجهاز (2e) .



شكل 3-4 الفحص بواسطة البرج (فحص المحور الافقي)

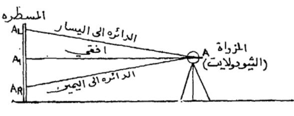
التنظيم ، ينصف الضلع (A_LA_R) وتؤشر علامة دقيقه في A_1 . والان يحرك المنظار افقيا باستخدام لوالب الحركة الافقيه البسيطه plate tangent screws حتى تتقاطع العلامه A_1 . يجب على الطالب ملاحظة بانه لم تجر لحد الان اية تنظيمات على الجهاز ، وعليه عند رفع المنظار ثانية الى نقطة A سوف يخطىء عن النقطه A بالمسافة الافقيه $(A_LA_R/2)$. فبتحريك احدى نهايتي المحور الافقي للجهاز باستخدام اللوالب المنظمه يرجع خط النظر ليقطع النقطه A ، وفقط برفع خط النظر يصبح بالامكان التقاطع مع A ، كما ان حركة المحور الافقي عندما يكون المنظار في المستوى الافقي (A_LA_R) سوف لا تؤدى الى حركة خط النظر الى A_1 .

فحص موشر الدائره العموديه Vertical Circle Index Test

الهدف من هذا الفحص مذكور في الفقره 1d-3 .

افحـــــص ، وسط فقاعة الارتفاع altitude bubble باستخدام لولبها الماسك ، وبتدوير المنظار اجعل الدائره العموديه تقرأ صفراً .

لاحظ القراء، عــلى مسطره شاقوليه مسكت على بعد 50 م تقريبا . ثم غير وضع الدائره العموديه وكرر العمليه باكملها ، فاذا كان هناك خطأ سيظهر اختلاف بين القراءتين عــلى كل من الوجهين ، اى A_L و A_R في الشكل 3-5 .



شــكل 3-5 فحص موشــر الدائره الشــاقوليه

التنظيم ، (a) اجعل المنظار يقرأ معدل القراءتين اعلاه وهكذا سيكون حقا افقيا .

(b) وعليه فان الدائره العموديه سوف لا تقرأ صفرا .ويجب ان ترجع لتقرأ صفر بدون التأثير عــلى الوزن الافقي للمنظار ، وهذا يتم بتحريك الورنيه لتقرأ صفرا باستخدام اللولب الماســـــــك clip screw .

(c) سوف يؤدى تحريك اللولب الماسك الى انحراف فقاعة الارتفاع عن الوسط ، وعـليه يجـــرى توسيط الفقاعه بواسطة لوالبها الرحويه المنظمه .

3-1-1 طــرق اخــرى Alternative Approach

فحص ميزان القاعده ؛ كـــما في الفقره 3-1 .

فحص تعامد خط النظر مع المحور الافقي Collimation in Azimuth

بالمنظار افقيا والجهاز موزون بإعتناء ، ارصد نقطة دقيقة ولاحظ القراء ، ثم غير موقع الدائره العموديه وكرر العمليه change face فاذا كان الجهاز منظما لاختلفت القراءتين بزاويه مقدارها 180° تماما . اما ان لم يكن منظما فيجرى تنظيمه ليعطي القراء الصحيحه كما مبين في ادناه باستخدام لولب الحركه الافقيه البطيئه ، ثم يعاد خط النظر الى النقطه الصغيره بتنظيم الشعرتين المتقاطعتين .

فمـــثلا : الدائره العموديه الى يسار المنظار (F.L.) $01° 30' 20''$

الدائره العموديه الى يمـــين المنظار (F.R.) $181° 31' 40''$

الفـــرق $01' 20'' = 2e$

$\therefore \quad e = 40''$

القراء الصحيحه اذن هي $181° 31' 00''$ او $01° 31' 00''$.

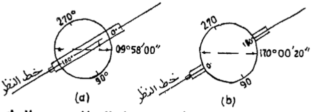
الفحــص بواسـطة البرج Spire Test

بالجهاز موزون باعتناء ، ارصد نقطة ذات منسوب مرتفع ولاحظ قراءة الدائره الافقيه . ثم غير موقع الدائره العموديه وكرر. فاذا كان هناك خطأ اجعل الدائره الافقيه تقرأ القراءه الصحيحه كما في اعلاه ، ثم نظم خط النظر ليعود الى العلامه برفع او خفض المحور الافقي للجهاز . ومن الجدير بالذكر هنا انه ليس بامكان كل الاجهزه الحديثه اجراء هذا التنظيم .

فحص مؤشـر الدائره العمـوديه Vertical Circle Index Test

افرض بان الجهاز يقرأ صفرا على الدائره العموديه عندما يكون المنظار في الوضع الذى تكون فيه الدائره العموديه الى يساره . زن الجهاز باعتناء واجعل فقاعة الارتفاع altitude bubble افقية وارصد نقطة دقيقة مرتفعه ، ثم غير وضع الدائره العموديه وكرر العمليه ، فيجب ان يكون مجموع قراءتي الدائره العموديه في الوضعين 180° ، واى فرق عن هذه الزاويه يساوى ضعف الخطأ في المؤشـر .

مثلا : القراءه عندما تكون الدائره الى يسار المنظار F.L (شكل 6a-3)	$09^\circ 58' 00''$
القراءه عندما تكون الدائره الى يمين المنظار F.R (شكل 6b-3)	$170^\circ 00' 20''$
المجـموع	$179^\circ 58' 20''$
المجموع الصحيح	$180^\circ 00' 00''$
	$-\ 01' 40'' = 2e$
	$-\ 50'' = e$



شـكل 6-3 (a) الدائره الى يسـار المنظار (b) الدائره الى يمين المنظار

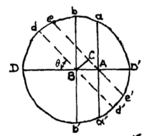
وهكذا مع بقاء وضع المنظار ثابتا على النقطه عندما كان يقرأ الزاويه $170^\circ 00' 20''$ يتم تنظيم الورنية لتقرأ ($=170^\circ 00' 20'' + 50'' = 170^\circ 01' 10''$) بواسطة اللولب الماسك او لولب فقاعة الارتفـاع ، بعدها توسط فقاعة الارتفاع باستخدام لوالبها الرحويه المنظمه . فلو تقرأ الدائره العموديه 90° و 270° بدلا من 0 و 180° فان مجموع القراءتين يساوى 360° .
تمتاز هذه الطرق الاخرى للفحص بالفائده في استخدام تدريجات الجهاز نفسه عوضا عن مقاييس خارجيه ، وعليه يمكن ان تتم من قبل شخص واحد .

2-1-3 تأثير اخطاء الجهاز Effect of Instrument Errors

لا توجد في الحقيقه تنظيمات كامله ، فدائما تبقى اخطاء صغيرة في الجهاز . وسيجرى الان بيان هذه الاخطاء بالتفصيل :

ازاحة المراكز الجانبيه Eccentricity of Centres

ينتج من هذا الخطأ عدم انطباق مركز الارتكاز الوسطي الحامل للعضاده (alidade الجزء العلوى من الجهاز) على مركز المرتكز المجوف الذى يحمل الدائره المدرجه . (شكل 3-1 و 3-7)
يكون تاثير هذا الخطأ على القراءات دوريا ، فاذا كانت B هي مركز الدائره المدرجه و A المركز الذى حوله تدور العضاده ، فان المسافه(AB) تعرف بالقوس(ab) من الثواني على الدائره المدرجه وتسمى خطأ اختلاف المركز error of eccentricity . فلو ان الورنيه هي في D على خط

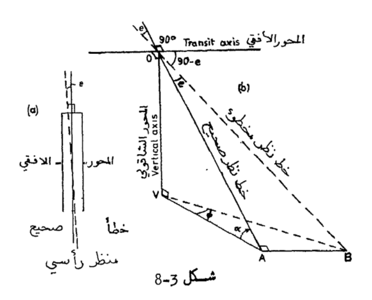


شكل 3-7

المركزين فانها تقرأ كما لو لم يكن هناك خطأ ، ولو انها في b فانها بخطأ يساوى(ba) و يساوى E ، اكبر خطأ . ويكون الخطأ في موقع متوسط مثل d يساوى (de) و يساوى(BC) و هذا يساوى(AB sin θ) ويساوى (E sin θ) حيث ان θ هي زاوية الدوران الافقيه .
يجرى تدريج الدائره الافقيه باتجاه عقرب الساعه وعليه فالورنيه المفروضه ان تكون في b ستكون في a معطية قراءة تزيد بمقدار (+E) . اما الورنيه المقابله المفروض ان تكون في b′ فانها ستكون في a′ ، وعليه فانها ستقرأ بخطأ مقداره (-E) . وبنفس الطريقه بالنسبة للموقع المتوسط في d و d′ فالخطأ بالقراءه سيكون (+Esin θ) و (-Esin θ) . وهكذا سيكون معدل القراءتين على الوجهين خاليا من الخطأ .
يدعي الصنعون بان هذا المصدر من الخطأ لا يحدث في تركيب الاجهزه الحديثه ذات الاقواس الزجاجيه glass arc instruments .

خطأ في تعامد المحور البصرى مع المحور الافقي Collimation in Azimuth Error

اذا كان خط النظر في الشكل 3-8 عموديا على المحور الافقي فانه سيجرف المستوى الشاقولي(VOA) عندما ينخفض المنظار بالزاويه الشاقوليه α . واذا لم يكن خط النظر عموديا على المحور الافقي وانما بخطأ عنه مقداره ⊖ ، فان المستوى الشاقولي المنجرف سيكون (VOB) . وعليه فان الخطأ في التوجيه سيكون (-Φ) سالبا بسبب كون الدائره الافقيه مدرجه باتجاه عقرب الساعه) .



شكل 8-3

$$\tan \phi = \frac{AB}{VA} = \frac{OA \tan e}{VA}$$

ولكن : $\frac{OA}{VA} = \sec \alpha$

اذن : $\therefore \tan \phi = \sec \alpha \tan e$

وحيث ان ϕ و e هما كميتان صغيرتان جدا ، لذا يمكن كتابة المقدار اعلاه كما يلي :

$$\phi = e \sec \alpha \qquad \ldots (1-3)$$

عند تغيير موقع الدائره العموديه بالنسبة للمنظار فان (VOB) سيقع الى الجانب الثاني من A . وهذا يعطي خطأ مساويا ولكن بعلامة مغايره ، اى($+\phi$). عليه سيكون معدل القراءتين على الوجهين خاليا من الخطأ .

ϕ هي الخطأ في توجيه واحد الى هدف ذو زاوية α . مع ذلك ، فالزاويه هي الفرق بين قراءتين. وعليه فالخطأ بالزاويه بين جسمين ذوا زاويتي ارتفاع α_1وα_2 سيكون :

$$= e(\sec \alpha_1 - \sec \alpha_2)$$

وهذا بديهيا سيساوى صفرا اذا كانت α_1 تساوى α_2 او اذا قيستا في المستوى الافقي .
اما على الوجه الاخر فسيصبح الخطأ في الزاويه بكل بساطه بتغيير الاشاره :

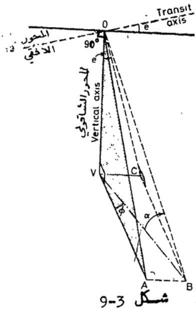
$$= -e(\sec \alpha_1 - \sec \alpha_2)$$

وهذا يشير الى ان معدل الزاويتين المرصودتين على كل من الوجهين(اى الى يمين والى يسار المنظار) هو خاليا من الخطأ بغض النظر عن زاوية الارتفاع .

الزوايا الشاقوليه Vertical Angles

يمكن اثبات ان الخطأ في قياس الزوايا الشاقوليه يساوى : $= \sin \alpha = \sin \alpha_1 \cos e$
حيث ان e هي زاوية الارتفاع المقاسه و α_1 هي زاوية الارتفاع الحقيقيه . مع ذلك ، وحيث ان e هي صغيرة جدا ، فان($\cos e \approx 1$) وعليه ($\alpha_1 \approx \alpha_2$). وهذا يوكد بان الخطأ هذا صغير جدا ولاتاثير له.

اذا كان المحور الافقي مثبتا بشكل عمودى على المحور الشاقولي للجهاز ، فعند تخفيض المنظار سيجرف المستوى الحقيقي (VOA) (شكل 3-9) . فاذا افترض ان المحور الافقي مائل عن الافق بمقدار e فسيجرف المنظار المستوى (COB) المائل عن الشاقول بالزاويه e ، وهذا سيخلق خطأ ($-\phi$) في القراءه الافقيه للمزواة . (الاشاره السالبه هي بسبب ان تدريج الدائره الافقيه هو باتجاه عقرب الساعه) .



شكل 3-9

فاذا كانت زاوية الميل تساوى α :

$$\sin\phi = \frac{AB}{VB} = \frac{VC}{VB} = \frac{OV}{VB}\ \tan e$$
$$= \tan\alpha\ \tan e$$

والان وحيث ان كل من ϕ و e هي كمية صغيره ،

$$\phi = e\ \tan\alpha \qquad \ldots \quad (2\text{-}3)$$

من الشكل 3-9 يتضح بان التصحيح ϕ للقراءة في B ليعطي القراءه الصحيحه في A هو موجبا بسبب تدريج الدائره الافقيه باتجاه عقرب الساعه . وعليه فعند النظر في المنظار باتجاه الجسم ، اذا كانت النهايه اليسرى للمحور الافقي مرتفعه يكون تصحيح القراءه موجبا والعكس صحيح . وعند تغيير وضع الدائره العموديه نسبة الى المنظار فسيقع (COB) في الجهه الثانيه من A معطيا خطأ مساويا ولكن باشارة مغايره . وهكذا فمعدل القراءتين على وجهي الجهاز سيكون خاليا من الخطأ . وكما سبق ذكره فان الخطأ في قياس زاويه بين جسمين بزاويتي ارتفاع α_1 و α_2 سيساوى :

$$= e\ (\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2)$$

والذى يصبح عند تغيير الوجه :

$$= -e\ (\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2)$$

مشيرا الى ان معدل الزاويتين المقاستين على كل وجه يكون خاليا من الخطأ بغض النظر عن الارتفا

كذلك اذا كانت $\alpha_1 = \alpha_2$ او ان الزاويه قيست بالمستوى الافقي ($\alpha=0$) فانها ستكون خالية من الخطا .

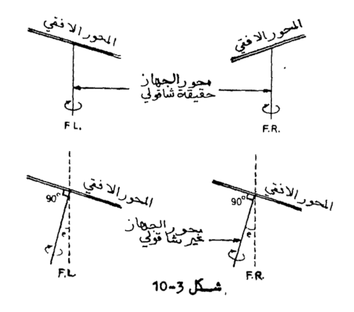
لاحظ انه اذا كانت α_1 موجبه و α_2 سالبه ، فالتصحيح يكون :

$$= e\ (\tan\alpha_1 - (-\tan\alpha_2)) = e\ (\tan\alpha_1 + \tan\alpha_2)$$

بالامكان اثبات ان الاخطاء في قياس الزوايا الشاقوليه : $\sin\alpha = \sin\alpha_1 \sec e$
ولما كانت e صغيرة جدا ، لذا فان $(\sec e \approx 1)$ وهكذا $(\alpha_1 = \alpha)$ موكدا اهمال هذا الخطأ .

Effect of Non Verticality of the VerticalAxis تاثير عدم شاقولية المحور الشاقولي

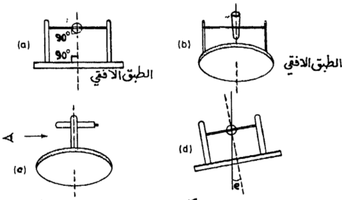
اذا كانت موازين طبق المزواة غير منظمه ، سيميل المحور الشاقولي للجهاز عن الشاقول ، وعليه سوف لا تكون الزوايا الافقيه المقاسه فعلا افقيه . افرض بان المحور الافقي منظم اى انه عمودى على المحور الشاقولي ، فالخطأ في المحور الشاقولي e سيؤدى الى ميل المحور الافقي عن الافق بالمقدار e منتجا خطأ في التوجيه مقداره $(\phi = e\tan\alpha)$ كما في الحاله السابقه .



شكل 3-10

مع هذا فالخطأ هنا لا يحذف بالقراءة على وجهي الجهاز (شكل 3-10) ولكنه يتغير بتغير تسديدات المنظار . فعلى سبيل المثال ، يبين الشكل 3-11a بان محور الجهاز هو شاقولي بحق ، كذلك المحور الافقي ايضا افقي بحق . وتصور الان بان المحور الشاقولي منحرف بمقدار (e) في مستوى يصنع 90° مع مستوى الورقه (شكل 3-11b) وليس هناك خطأ في المحور الافقي . فاذا اديرت العضاد ، alidade بزاوية 90° باتجاه عقرب الساعه في مستوى الورقه كما في شكل 3-11c ، فانه سيظهر كما في الشكل 3-11d عند النظر فيه باتجاه السهم حيث المحور الافقي فيه مائل عن الافق بنفس مقدار ميل المحور الشاقولي عن الشاقول ، اى (e). وهكذا يتغير الخطأ في المحور الافقي من صفر الى اعلى قيمة له خلال زاوية 90° . وعند الزاويه 180° يصبح الخطأ صفرا مرة ثانيه ثم عند 270° يعود الى اعلى قيمة له في نفس موقعه بالضبط . فاذا كانت الزاويه الافقيه بين مستوى المحور

الافقي ومستوى المحور الشاقولي المنحرف وزنه تساوى δ فان المحور الافقي يميل عن الافق بـ $e \cos \delta$).
فمثلا ، في الشكل 11b-3 ، δ تساوى 90° ، وطبيه لما كان $\cos 90^\circ = 0$) فان ميل المحور هو صفر كما هو مبين .

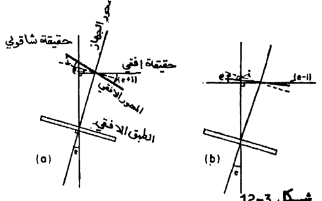


شكل 3-11

التصحيح للزاويه بين هدفين بزاويتي ارتفاع α_1 و α_2 بالاتجاهين δ_1 و δ_2 سيكون :

$$= e\ (\cos \delta_1 \tan \alpha_1 - \cos \delta_2 \tan \alpha_2)$$

وعندما ($\delta_1 = \delta_2$) يكون التصحيح اكبر ما يمكن عندما تحمل α_1 و α_2 اشارتين متعاكستين .
اما عندما ($\delta_1 = -\delta_2$) اى باتجاهين متعاكسين ، فالتصحيح يكون اكبر ما يمكن عندما تحمل α_1 و α_2 اشارتين متماثلتين .
فاذا كان محور الجهاز مائلا عن الشاقول بالمقدار e والمحور الافقي عن الافق بالمقدار i ، كلاهما بنفس المستوى، فان اعلى انحراف عن الوزن maximum dislevelment للمحور الافقي على احد الوجهين سيكون $(e + i)$ و $(e - i)$ على الوجه الاخر . انظر الشكل 3-12 .



شكل 3-12
(a) الدائره الى يسار المنظار (b) الدائره الى يمين المنظار

وهكذا فالتصحيح في التوجيه على احد الاوجه سيكون :

$$= (e + i) \tan \alpha$$

وعلى الوجه الآخر :

$$= (e - i) \tan \alpha$$

وهذا سيؤدى الى تصحيح لمعدّل القراءتين مقداره :

$$= e \tan \alpha$$

تطبيق التصحيح ($e \tan \alpha$)

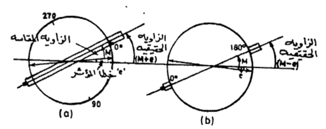
اذا كان بالامكان اخذ رصدة واحدة الى اهداف مرتفعة ، عندها يجب الحصول على قيمة e من المعادلة التالية :

$$e = S \left(\frac{L - R}{2}\right) \qquad \ldots (3-3)$$

حيث ان S هي حساسية الفقاعة بثوان من القوس لكل درجة من تدريج الفقاعة . وان L و R هما القراءتان اليسار واليمين لنهايتي الفقاعة عندما تنظر من نهاية العدسة العينية . تكون اشارة التصحيح للقراءة موجبة عندما L > R حيث تكون فيها النهاية اليسرى للمحور الافقي اعلى (شكل 3-9) .

الخطأ في مؤشر الدائرة الشاقولية Vertical Circle Index Error

ان شكل هذا الخطأ واضح في الشكل 3-13 وهذا الخطأ يؤدي الى خطأ ثابت في قياس الزوايا الشاقولية الذي ينحذف باخذ معدل القراءتين على الوجهين .



شكل 3-13 (a) الدائرة الى اليسار (b) الدائرة الى اليمين

اخطاء في تدريج الدائرة الافقية Plate Graduation Error

تكون هذه الاخطاء مهمة في اجهزة المزواة ذات الاقواس الزجاجية glass-arc theodolites و بالامكان تقليلها اكثر بالقراءة على اجزاء مختلفة من الدائرة .

تمــــارين

لم تذكر اجوبة لهذه التمارين لكون ان هذه الاجوبة هي اعادة لمعلومات ذكرت سابقا . عليه ينصح الطلبة بكتابة الاجوبة بانفسهم .

تمرين 1 ، عرض للبيع جهاز مزواة حديث مع ضمان لمدة اسبوع . وقد تبين ظاهريا بانه بحالة جيدة . ادرج الفحوصات التي ستجريها لتتاكد فيما اذا كان الجهاز صالحا للاستعمال مباشرة . بين المعايب التي ستكتشف في كل فحص شربين فيما اذا يكون بالامكان تصحيحها باساليب القراءات او بتنظيمات حقلية او فقط من قبل المصنع . كذلك اشرح بالتفصيل الطريقة المتبعة في تصحيح تنظيمين حقليين في قائمتك .

ملاحظه ، التنظيمات الحقليه هي تلك التي عادة ما يؤمن المصنّع عدة لها للتصليح في صندوق الجهاز لاجرائها . (جامعة لنـــدن)

تمـــرين 2 ، ثبت المحور الافقي للمزواة ليصنع زاوية مقدارها ($90° - i$) مع المحور الشاقولي للجهاز حيث ان i صغيره . استخرج تعبـيرا للخطأ في قياس زاوية افقيه مقابله لجسمين زاويتا ارتفاعهما α و β . طول المحور الافقي لجهاز مزواة يساوى 80 ملم ، فيه احدى النهايتـين اطى من الاخرى بـ 0.005 ملم . اوجد الخطأ في الزاويه الافقيه المرصوده بين نجمة ذات زاوية ارتفاع $65°$ وجسم مرجعي ذو زاويـــة انخفاض $5°$ ، اذا اخذت الرصدات على وجه واحد فقط من الجـــهاز . (جامعة لنـــدن)

تمـــرين 3 ، اثبت بان تاثير لا مركزية الدائره الافقيه لجهاز مزواة هو تسبيب خطأ في قراءة جانب واحد فقط ، الذي يتغير بموجب معادلة الجيوب sinusoidally مع زاوية دوران المنظار . بين كذلك انه عـندما يقرأ جانب واحد من الدائره ــ مع بقاء افقية الدائره ثابته ــ فان معدل القراءتين عـلى الوجهـين (FL) و (FR) يعطي الزاويه الصحيحه . (جامعة لندن)

تمـــرين 4 ، محطتـــين بزاويتي ارتفاع α_1 و α_2 رصدتا بجهاز مزواة فيه المحور البصري line of collimation يميل عن المحور الافقي بزاوية ($90° - i$) حيث i صغيره .

(a) استخـــرج تعبيرا للخطأ في الزاويه الافقيه بين المحطتين كما هو معطى في هذا الجهاز .

(b) بين بطريقة الرسم تاثير الخطأ في المحور البصري عـلى قراءات الدائره العمـــوديه في التوجيه الى محـــطة واحـــده .

(c) ما هو تاثير قياس الزوايا الافقيه والشاقوليه عـلى كلا الوجهـين ؟

(جامعة لنـــدن)

2-3 التضليع بواسطة المزواة THEODOLITE TRAVERSING

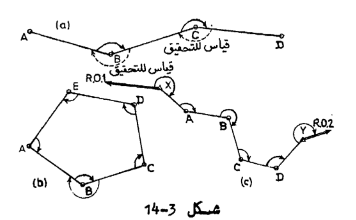
في الاعمال الهندسيه ، عادة تطلب مواقع الاحداثيات لنقاط في مستوى افقي لعدة اســـباب ، والثلاثة اسباب الرئيـــــسه هي :

(a) الســـيطره عـلى المسح الطوبوغرافي .

(b) السيطره عـلى المسح الانشـائي (التسقيط setting out) .

(c) السيطره عـلى المسح الجـوي .

و احدى طرق تعيـــين نظام السيطره الافقيه هذه ، هي التضليع traversing . فالمضلع يتألف من سلسلة من خطوط متتاليه ترتبط ببعضها بزوايا افقيه و اطوال (شـــكل 3-14) .



شكل 3-14

3-2-1 مصطلحات Nomenclature

المضلع المفتوح Open Traverse ، وهو لا يعود الى نقطة بدايته او يرتبط بمحطة سبق تعيينها . وهو يستخدم في اعمال الانفاق (شكل 3-14a) .

المضلع المغلق Closed Traverse ، وهو الذى ينغلق رجوعا الى نقطة بدايته و بذلك مؤلفا مضلعا (شكل 3-14b) . او الذى يبدأ من محطة معروفة الاحداثيات و يرتبط بمحطة ثانيه ذات قيمة معلومة ايضا ، وكذا مضلع يسمى احيانا مضلع الربط Link Traverse ، فمحطات البدايه والنهايه عادة تكون ذات قيمة اعلى higher order من المضلع نفسه (شكل 3-14c) .

من الجدير بالملاحظه انه اذا كان شريط القياس الحقلي المستخدم قصيرا في حالة المضلع المغلق فان المضلع سيكون كبيرا جدا والعكس صحيح . كذلك اذا كان اول ضلع خطأ بمقدار $\theta°$ فان المضلع سيدور بكامله بزاوية $\theta°$ ، مع هذا سيظهر المضلع كانه ينغلق بدون خطأ في جميع الحالات . وكذا اخطاء اجماليه gross errors ستكون واضحة بسرعه في مضلع الربط .

3-2-2 مصادر الخطأ Sources of Errors

الخطأ الزاوى Angular

اضافة الى الاخطاء آنفة الذكر في الجهاز ، فان ما يلي سوف ايضا يؤثر على دقة الزاويه .

التوجيه sighting ، بسبب الخطأ الطبيعي في نظر ولمس الراصد قلما يكون تقاطع الاهداف دقيقا ، وبقدر ما يحتمل ان تكون هذه الاخطاء موجبه تكون سالبه و يقل تأثيرها باخذ معدل عدد من القياسات .

القراءه وتثبيت الورنيه Reading and Setting Verniers ، وهذه مرة ثانيه هي اخطاء بشريه ، و يمكن تقليلها باخذ معدل لعدد من القراءات .

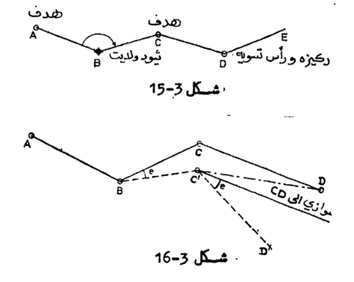
تشغيل الجهاز Instrument Operation ، كتدوير لولب مغلوط ، او عدم اتمام تطابق لصوره parallax ، اوعدم تثبيت الدائره السفلى ، او تحرك القاعده . فكل هذه الاخطاء يجب ان تكون في الصوره عند تسجيل القراءات .

خطأ التسجيل Booking Error ، بالامكان تلافيه من قبل المسجل بقراءة الرصد ، رجوعا الى الراصد .

المسببات الطبيعيه Natural Causes ، كتاثير الوميض والانكسار والريح والتمدد الجزئي لاجزاء الاجهزه ، فقلما يمكن عمل شيء في الحالتين الاولى والثانيه ، اما في الحالتين التاليتين فيجب تثبيت الركيزه tripod جيدا ، ويحمى من الريح واشعة الشمس .

التسامت المعاب Defective Centring ، لكل ثانية واحده من القوس هناك دقة طوليه تناسبها تساوي 0.5 ملم الى 100 م ، وهكذا بالنسبة لمعظم الاعمال الهندسيه ، فمن غير الضروري القراءه الى حد الثانيه حيث ان هناك خطأ في تسامت الجهاز يزيد على ذلك ، وان اخطاء التسامت لها التاثير الاكبر على الخطوط القصيره والتي ، بدون شك ، تتواجد عند الحاجة الى دقة اكبر كما في مد الانفاق ومسوحات المدن وتسقيط المنشآت . ان استخدام نظام الثلاثة ركائز يحصر خطأ التسامت بالمحطه التي يحدث فيها الخطأ ، بينما في التضليع الاعتيادي يتسرب الخطأ خلال اعمال المسح .

في نظام الثلاثة ركائز ، تستخدم رؤوس تسويه levelling heads قابله للتبديل واهداف وشواقيل بصريه وجهاز مزواة ، والعمل يكون اكفأ بكثير في حالة توفر ركيزة رابعه . خذ الشكل 3-15 ، فالمزواة مثبته في B بينما تعين الاهداف بواسطة الشاقول البصري في A و C والركيزة الرابعه موسطة في D وتحمل راس تسويه فقط ، وبعدما ترصد الزاويه (ABC) يتحرك الهدف من A الى B والمزواة الى C والهدف من C الى D ، وبنفس الوقت تنتقل الركيزه وراس التسويه من A الى E ويثبت في الوقت الذي ترصد فيه الزاويه (BCD) . وبهذه الطريقه يتم انجاز المضلع بكامله باعلى سرعة وكفاءه .



شكل 3-15

شكل 3-16

يمكن توضيح كيفية حصر اخطاء التسامت باستخدام النظام اعلاه وذلك بالاشاره الى الشكل 3-16 . لاحظ اولا استخدام نظام الثلاثة ركائز ، فالهدف المنصوب في C على بعد 100 م من B قد تم تسامته بشكل ردئ مسببا بذلك ازاحة مقدارها 50 ملم الى C′ ، والزاويه (ABC′) المقاسة في B ستحمل خطأ مقداره e . وهذا الخطأ e يساوي 1 الى 2000 ويساوي تقريبا 2 دقيقه (لاحظ جيدا بانه لو كان طول (BC) يساوي 10 م لكانت e تساوي 20 دقيقه) .

والان يجرى تحويل الهدف من C' و يوضع محله المزواة التي تقيس الزاويه $(BC'D)$ و بذلك يرجع المسح على D ، فالخطأ الوحيد اذن سيكون خطأ احداثيات في C وهو مساوي الى خطأ التسامت و بديهيا سيكون اقل بكثير من الخطأ الاجمالي المهول البالغ 50 ملم المستخدم هنا .
والان افترض استخدام معدات تقليديه ، باستخدام ركيزة واحده وجهاز مزواة ، ثم ان التوجيه يكون الى شواخص ، و افرض ان الشاخص في C يظهر بانه في C' بسبب التسامت الردئ او الميلان . فسوف تقاس الزاويه الخطأ (ABC'). والان عند تحويل الجهاز سيتم تسامته بدقه هذه المره فوق المحطه في C وتقاس الزاويه الصحيحه (BCD)، مع ذلك ستضاف هذه الزاويه الصحيحه الى الاتجاه الزاوى المحسوب سابقا والذى هو اتجاه (BC') معطيا الاتجاه الزاوى لـ $(C'D)$، وهكذا ينتقل الخطأ ، من الموقع الخطأ في C' مسببا خطأ اخرا للمضلع في D' . وعليه فلتسامت الجهاز والاهداف الاخرى بدقه فوق محطات المسح الاهمية الكبرى .

الخطأ الطولي Linear

في هذه الطريقه سوف تكون الاخطاء حسب الطريقه المتبعه في قياس المسافه ، والتي في اعمال المسح الحديثه يمكن ان تتم بواسطة القضيب المقابل subtense bar او بقياس الابعاد بالطرق البصريه الدقيقة precise optical tacheomtry او بقياسات المسافات بالالكترومغناطيسيه Electro-Magnetic Distance Measurement (E.M.D.)، مع ذلك فالاخطاء موضوعة البحث هنا محصورة بقياس المسافه بواسطة الشريط taping .

تعيير الشريط Standardization of the Tape ، هي مهمة جدا ، فلو ان الشريط اطول او اقصر بمقدار Δl سيحدث خطأ منتظما systematic error يساوى هذا المقدار في كل مره يوضع فيها الشريط ، ويمكن ايجاد هذا الخطأ بتعيير الشريط من قبل منظمة التجاره او مختبر الفيزياء الوطني (N. P. L.) National Physical Laboratory او بمقارنته بشريط مرجعي قياسي .

الاستقامه المخطوءه Faulty Alignment ، وهذه تؤدى الى قياسات اطول ، والخطأ الاجمالي الناتج يساوي $(d^2/2L)$ حيث ان d هي الازاحه لكل طول مقداره L .

عدم انتظام السطح Surface Irregularity ، وهذا يسبب تشويها في المستوى الشاقولي مؤديا الى خطأ منتظم systematic error يساوى $(2h^2/L)$ حيث h هي اعلى تشوه عند الوسط .

الحراره Temperature ، اذا لم تسجل و يصحح لها يمكن ان تؤدى الى خطأ كبير عند القياس بشريط معدني والتصحيح يكون $(LK\Delta t)$ حيث ان K هي معامل التمدد و (Δt) هو الفرق بدرجات الحراره عن الحراره القياسيه ، وحتى لو صحح درجة الحراره فان الاخطاء يمكن ان تنشأ عن عدم قراءة المحرار بشكل صحيح او ان المحرار نفسه يحوى خطأ ثابتا .
في كل الاحوال يصعب معرفة درجة حرارة الشريط الحقيقيه ، و ذلك بسبب اشعة الشمس والرياح المتغيره ، ثم بسبب تغيير موقع مقياس الحراره الدقيق microclimate من الارض الى ارتفاع الكتف .

الشـد Tension ، الشد الذى هو اكثر من الشد القياسي يزيد من طول الشريط و هذا الخطأ يمكن ان يصحح بتطبيق القانون(L.ΔP/ΔL) حيث(ΔP) هو الفرق بالشد عن الشد القياسي و A هي مساحة المقطع العرضي للشريط و E معامل يونك للمرونه Young Modulus . ومرة ثانيه هنا يمكن ان تنشأ اخطاء عن عدم قراءة معدات الشـد بشكل صحيـح اوعن وجود خطأ في المعدات نفسها .

الميـل Slope ، ويقاس عادة بواسطة الزوايا الشاقوليه مزدوجة الوجه double face في اعمال التضليع ، ويطبق التصحيح($L(1-\cos\theta)=$) حيث ان θ هي معدل زوايا الميل . هذا اضافة الى الخطأ الاجمالي الناتج عن اهمال التصحيح . وسوف تحدث ايضا اخطاء عفوية في قياس الزاويه ، وان لهذه الاخطاء تاثيرا اكبرا كلما زادت زاوية الميل . فمثلا ، الخطأ($\pm 10''$) لمسافة 100 م و ميل $30°$ ينتج خطأ مقداره 0.0024 م . اى 1 الى 40 000 .

اخطاء في قراءة وتأشير الشريط Errors in Reading and Marking the Tape ،

و هذه الاخطاء ذات طبيعة جزافيه و يمكن تقليلها كثيرا بالاعتناء و التحقيـق .

اخطاء في تدوين القراءات Errors in Booking ، وهي ايضا ذات طبيعة جزافيه ولكنها عموما تكون اجمالية بحيث تكتشف بسرعه عند اجراء عدة قياسات لكمية واحده .

(للاطلاع على شرح اكثر تفصيلا لاخطاء القياسات ، راجع كتاب المسح الهندسي ـ الجـزء الثاني ـ الفصل الثاني)[1]

3-3 الاحداثيات واستعمالاتها CO-ORDINATES AND THIER USE

من الزوايا والمسافات المقاسة على مضلع ، يجرى احتساب الاحداثيات المتعامده المستويه للنقاط التي يتم مسحها ، وتكون هذه الاحداثيات مطلوبه لثلاثة اسباب رئيسيه :

(a) لتمكين تعديل المضلع .
(b) لتمكين رسم المضلع .
(c) للاستفادة منها في الحسابات الرياضيه لاغراض التسقيط setting out .

1-3-3 توزيع الخطأ الزاوى Distribution of Angular Error

اول خطوة في احتساب الاحداثيات هي توزيع الخطأ الزاوى . فيمكن تسمية الزوايا بانها داخليه او خارجيه تبعا لاتجاه المضلع . ففي الشكل 14b-3 اتجاه المضلع هو بعكس اتجاه عقرب الساعه من A الى B الى ... الخ . فبفرض أن المزواة في B ستكون القراءة الخلفيه باتجاه A بينما ستكون القراءة الاماميه باتجاه C .

1 المقصود هنا النسخه الانكليزية الاصليه للمؤلف حيث أن النسخة العربيه غير متوفره بعد .

وهكذا لما كان تدريج المزواة هو باتجاه عقرب الساعه ، فالطريقة المتبعه في استخراج الزوايا من القراءات تكون بطرح القراءة الخلفيه من الاماميه (f.s.-b.s.=) والناتج تكون الزاويه الداخليه (ABC) . فلو كان اتجاه المضلع باتجاه عقرب الساعه لكانت C هي القراءة الخلفيه و A الاماميه وان حاصل طرح الخلفيه من الاماميه يعطي الزاويه الخارجيه (CBA) ، حيث ليس لاتجاه دوران الجهاز اية قيمه .

ولتعديل الخطأ الزاوى بالنسبة لمعدل الزوايا المقاسه :

a) قارن مجموع الزوايا الداخليه بالمقدار ($(2n-4) \times 90^\circ$) .

b) قارن مجموع الزوايا الخارجيه بالمقدار ($(2n+4) \times 90^\circ$) .

حيث ان n هي عدد الزوايا .

يجرى توزيع الفروقات بالتساوى بين الزوايا التي من ثم تستخدم في احتساب الاتجاهات الزاويه bearings (انظر الجدول 3-1) .

عدم الاغلاق المسموح به في الزوايا — Acceptable Angular Misclosure

يمكن تطبيق الطريقة التاليه شرط ان هناك ما يؤيد الاختلاف في معدل الزوايا المرصوده ، اى :

$$\sigma_W^2 = \sigma_{\alpha_1}^2 + \sigma_{\alpha_2}^2 + \cdots\cdots\cdots + \sigma_{\alpha_n}^2$$

حيث ان ($\sigma_{\alpha_n}^2$) هو مقدار التباين variance لمعدل الزاويه المرصوده ،

و (σ_W^2) هو مقدار التباين variance لمجموع زوايا المضلع .

فاذا فرضنا ان كل زاويه قد قيست بنفس الدقه :

$$\sigma_{\alpha_1}^2 = \sigma_{\alpha_2}^2 = \cdots\cdots\cdots = \sigma_{\alpha_n}^2 = \sigma_A^2$$

وعليه

$$\sigma_W^2 = n \cdot \sigma_A^2$$

$$\sigma_W = n^{\frac{1}{2}} \cdot \sigma_A \quad \cdots\cdots$$ (انظر صحيفه 10 الجزء الثاني) .

اذن فعدم الاغلاق الزاوى يساوى W :

$$W = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i - ((2n-4) \times 90^\circ)$$

حيث α هي معدل الزاويه المرصوده ،

و n هي عدد زوايا المضلع

وعليه للحصول على ثقة confidence مقدارها (95%) :

$$P(-1.96\,\sigma_W < W < +1.96\,\sigma_W) = 0.95$$

وللحصول على ثقة تساوى (99.73%) :

$$P(-3\,\sigma_W < W < +3\,\sigma_W) = 0.9973$$

فمثلا : خذ مضلعا مغلقا ذو 9 زوايا ، حيث اشارت الفحوصات من عملية مسح بان لجهاز المزواة المستخدم خطأ قياسيا σ_A مقداره ($\pm 3''$) . ما هو الخطأ في الاغلاق الزاوى الذى يمكن ان يعتبر مقبولا للمضلع . ؟

$$\sigma_W = 9^{\frac{1}{2}} \times 3'' = \pm 9''$$

$$P(-1.96 \times 9'' < W < +1.96 \times 9'') = 0.95$$

$$P(-18'' < W < +18'') = 0.95$$

بنفس الطريقه :

$$P(-27'' < W < +27'') = 0.9973$$

و هكذا اذا كان الخطأ في الاغلاق الزاوي W اكبر من (±18") ، يستدل الى وجود خطأ غير مقبول في الزوايا المرصوده . هذا اذا كان تقدير قيمة σ_A معتمدا . واذا زادت W على (±27") فمؤكد ان هناك خطأ زاويا موجودا بكذا قيم ليجعله غير مقبول نهائيا .

3-3-2 الاتجـاهات الزاويه Bearings

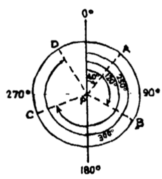
يوضح الشكل 3-17 الدائره الكامله للاتجاهات الزاويه (w. c. b.) whole circle bearings، فتقاس الزاويه دائما باتجاه عقرب الساعه من محـور الصفر ، وتكون بين 0° و 360° .

و هكذا : الدائره الكامله للاتجاه الزاوي (w.c.b.) لـ (PA) تساوي 40°

الدائره الكامله للاتجاه الزاوي (w.c.b.) لـ (PB) تساوي 120°

الدائره الكامله للاتجاه الزاوي (w.c.b.) لـ (PC) تساوي 250°

الدائره الكامله للاتجاه الزاوي (w.c.b.) لـ (PD) تساوي 330°



شـكل 3-17

والان بالامكان التعبير عن الدوائر الكامله للاتجاهات الزاويه (w.c.b.s) باتجاهات الربع المساويه equivalent quadrant bearing (q. b.) :

اتجاه الربع المساوي (q.b) لـ (PA) يساوي (N 40°E) اي 40° شرق الشمال

اتجاه الربع المسـاوي (qb) لـ (PB) يساوي (S 60°E) اي 60° شرق الجنوب

اتجاه الربع المساوي (qb) لـ (PC) يساوي (S 70°W) اي 70° غرب الجنوب

اتجاه الربع المساوي (qb) لـ (PD) يساوي (N 30°W) اي 30° غرب الشمال

و لقد اصبح نظام الاتجاه الزاوي الربعي Quadrant Bearing System متروكا نتيجة الاستخدام الواسع للحاسبات الالكترونيه .

فالدوائر الكامله للاتجاهات الزاويه (wcbs) لاضلاع المضلع تحتسب بجمع الزاويه المقاسه مع الدائره الكامله للاتجاه الزاوي السابق . فاول ضلع لمضلع يعطى عادة قيمة محليه مطلقه تساوي 0°00'00" ما لم يبدأ المضلع من مسوحات كائنه . وعلى الطالب ان يعتاد على تحويل الزوايا الى اتجاهات زاويه و بالعكس ، مبتدئا بالمبادئ الاوليه ، وهنا تقترح الطريقه التاليه :

مثال 1 ، اوجد الدائره الكامله للاتجاه الزاوي لـ (PB) اذا علمت ان :

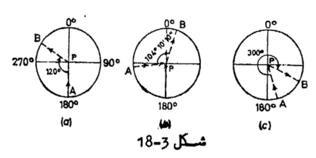
(1) الدائره الكامله للاتجاه الزاوي لـ (AP) تساوي صفر و زاوية (APB) باتجاه عقرب الساعه وتساوي 120° .

(2) الدائره الكامله للاتجاه الزاوي لـ (AP) تساوي 89°35'36" وزاوية (APB) هي باتجاه عقرب الساعه و تساوي 104°10'10" .

(3) الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (AP) تساوى $348°20'20''$ وزاوية (APB) هي باتجاه عقب الساعه و تساوى $300°00'00''$.

(4) الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (AP) تساوى $08°10'10''$ وزاوية (APB) هي باتجاه عقب الساعه و تساوى $285°50'40''$.

الطريقه ، (1) دائما ابدأ من النقطة التي قيست حولها الزاويه ، اى P ، فاذا كانت الدائره الكامله لاتجاه (AP) الزاوى هي صفر ، فالاتجاه المعكوس (PA) هو $180°$. وبكل بساطه الان اضف الزاويه باتجاه عقب الساعه (APB) لتعطي الدائره الكامله للاتجاه الزاوى (PB) . اى (=180+120=300) ففي بداية الحل يكون عمل مرتسم مفيدا جدا . (انظر الشكل 3-18a)



شكل 3-18

(2) في الشكل 3-18b ، الاتجاه الزاوى المعكوس (AP) :

$$= 89°\ 35'36'' + 180° = 269°\ 35'\ 36''$$

اذن الدائرة الكامله لاتجاه (PB) الزاوى :

$$= 269°\ 35'\ 36'' + 104°\ 10'\ 10'' = 373°\ 45'\ 46'' = 13°\ 45'\ 46''$$

(3) في الشكل 3-18c ، الاتجاه الزاوى المعكوس (AP) :

$$= 348°\ 20'\ 20'' - 180° = 168°\ 20'\ 20''$$

اذن الدائره الكامله لاتجاه (PB) الزاوي :

$$= 168°\ 20'\ 20'' + 300°\ 00'\ 00'' = 468°\ 20'\ 20'' = 108°\ 20'\ 20''$$

ملاحظه : في الحالتين انفتي الذكر ، يدور (PB) بزاوية $360°$ ليعطي ، قل $373°$ ، وحيث ان الاتجاه لا يمكن ان يكون اكبر من $360°$ وعليه فانه قد دار الى الموقع $(373° - 360° = 13°)$

(4) يجب على الطالب ان يحاول هذا بنفسه ، والنتيجه هي ان الدائره الكامله لاتجاه (PB) الزاوى هي $114°\ 00'\ 50''$.

و بنفس الطريقه يتوجب على الطالب معرفة احتساب الزوايا عند اعطاء الدوائر الكامله لاتجاهات ضلعيها . باستخدام الدوائر الكامله للاتجاهات ، فالطريقه هي بكل بساطه عكس الطريقة اعلاه .

مثال 2 ، اوجد الزوايا باتجاه عقرب الساعه ، اذا اعطيت :

(1) الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (AP) يساوى $0°\ 00'00''$
و الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (PB) يساوى $300°\ 00'00''$
(2) الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (AP) يساوى $89°\ 35'36''$
و الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (PB) يساوى $13°\ 45'46''$
(3) الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (AP) يساوى $348°\ 20'20''$
و الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (PB) يساوى $108°\ 20'20''$
(4) الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (AP) يساوى $08°\ 10'10''$
و الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لـ (PB) يساوى $114°\ 00'50''$

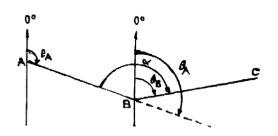
الطريقه :

(1) مرة اخرى ابدأ من نقطة الزاويه P ، وهكذا اذا كانت ($AP=0^\circ$) فان ($PA=180^\circ$) و ($PB=300^\circ$) ،
اذن فالزاويه (APB) : $A\hat{P}B = 300^\circ - 180^\circ = 120^\circ$
وعلى الطلبه الان حل الجزء المتبقي بانفسهم مستخرجين النتائج كما جاء في الاسئله السابقه .

يتضح الان بان انجاز الخطوات السابقه لمضلع ذو محطات متعدده هو متعب جداً ، وعليه تتبع الطريقه التاليه :
من الشكل 3-19 يمكن استخراج المعلومات التاليه :
الدائره الكامله لاتجاه (AB) الزاوي : σ_A
الزاويه المقاسه (ABC) : α
الدائره الكامله لاتجاه (BC) الزاوي : θ_B

اذن :
$$\theta_B = \theta_A + \alpha - 180^\circ$$
اي :
الدائره الكامله لاتجاه (BC) الزاوي يساوي الدائره الكامله لاتجاه (AB) الزاوي زائد الزاويه المقاسه ناقصاً 180°
وهذا يعطي القاعده التاليه التي يجب على الطالب تذكرها :

" اذا كان مجموع الدائره الكامله لاتجاه زاوي سابق مع الزاويه المقاسه اكبر من 180° اطرح 180° ، واذا كان اصغر من 180° فاجمع 180° . اما اذا كان اكبر من 540° فاطرح 540° " .



شكل 3-19

مثال 3 ، الزوايا الداخليه باتجاه عقرب الساعه لمضلع مغلق هي كما مبينه ، صححها ورتب الاتجاهات الزاويه في جدول ، اذا علمت بان الدائره الكامله لاتجاه (AB) الزاوي هي "00 '00 °0 (جدول 3-1) .

الزاويه	القيمه المرصوده °	′	″	التصحيح ″	الزاويه المصححه °	′	″	الدائره الكامله للاتجاه w.c.b. °	′	″	الخط
								0	00	00	AB
ABC	120	20	00	+5	120	20	05	300	20	05	BC
BCD	86	00	40	+5	86	00	45	206	20	50	CD
CDE	341	34	20	+5	341	34	25	07	55	15	DE
DEF	60	22	00	+5	60	22	05	248	17	20	EF
EFA	100	28	20	+5	100	28	25	168	45	45	FA
FAB	11	14	10	+5	11	14	15	0	00	00	AB
	719	59	30	+30	720	00	00	يتحقق			
	$(2n-4)90^\circ = 720^\circ$	00′	00″								
	الخطأ =		$-30''$								

جدول 3-1

$$\text{التصحيح لكل زاويه} = \frac{+30''}{6} = +5''$$

وتستخرج الدوائر الكليه للاتجاهات الزاويه كما يلي باستخدام القاعده المعطاة :

w.c.b. AB	=	0° 00′ 00″
$A\hat{B}C$	=	120° 20′ 05″
		120° 20′ 05″
		+180°
w.c.b. BC	=	300° 20′ 05″
$B\hat{C}D$	=	86° 00′ 45″
		386° 20′ 50″
		−180°
w.c.b. CD	=	206° 20′ 50″
$C\hat{D}E$	=	341° 34′ 25″
		547° 55′ 15″
		−540°
w.c.b. DE	=	07° 55′ 15″
$D\hat{E}F$	=	60° 22′ 05″
		68° 17′ 20″
		+180°
w.c.b. EF	=	248° 17′ 20″
$E\hat{F}A$	=	100° 28′ 25″
		348° 45′ 45″
		−180°
w.c.b. FA	=	168° 45′ 45″
$F\hat{A}B$	=	11° 14′ 15″
		180° 00′ 00″
		−180°
w.c.b. AB		0° 0′ 0″ (يحقق)

3-3-3 الاحـــداثيات Co - ordinates

تستخدم الاحداثيات المتعامده المستويه Plane Rectangular Co - ordinates في المسوحات ذات الامتداد المحدود ، فبالرجوع الى الشكل 3-20 يجرى تحديد موقع . محطات التضليع A و B و C و D بقياسات عموديه من محور عمودى .

تسمى المسافات على طول المحور الشاقولي (في الرياضيات ـ محور Y) بالتشميل Northing .
وتسمى المسافات على طول المحور الافقي (في الرياضات ـ محور X) بالتشريق Easting .
ويستعمل اسلوب وضع العلامه الاعتيادى ، اى ان المسافات الى الشمال والشرق من نقطة الاصل تكون موجبه (+) والى الجنوب والغرب سالبه (−) . ويجب على الطلبه المتعودين على العرف الرياضي الاعتيادى بتعريف الاحداثيات القطبيه Polar Co-ordinates بالزاويه المقاسه من محور ال (+E) ان يتذكروا بان الدائره الكامله للاتجاه الزاوى لخط ما تقاس من محور ال (+N) .
في الشكل 3-20 يستخرج الفرق با حداثيات B بالنسبة الى A من المثلث قائم الزاويه (AaB) ، اى :

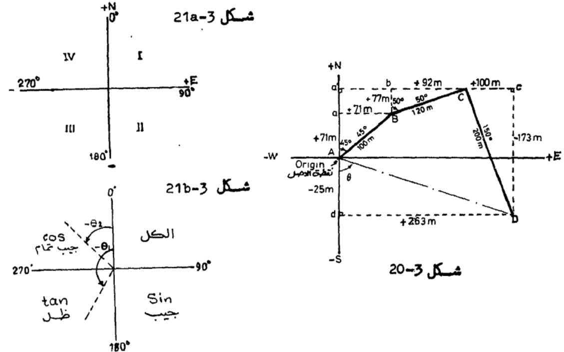
$$aB = \Delta E = L \sin\alpha \quad \ldots \quad (4\text{-}3)$$

$$Aa = \Delta N = L \cos\alpha \quad \ldots \quad (5\text{-}3)$$

حيث ان L هي المسافة الافقيه و α هي الدائره الكامله للاتجاه الزاوى للخـــط .

هذه الفروقات بين الاحداثيات غالبا ما تسمى "الاحداثيات الجزئيه Partial Co-ordinates" .
والجمع الجبرى للاحداثيات الجزئيه ينتج الاحداثيات الكليه Total Co-ordinates N , E للنقاط بالنسبة لنقطة الاصل . وتعرف العملية اعلاه باستخدام المعادلتين 3-4 و 3-5 بعملية استخراج "القطب P O L A R" .

من الشكل 3-20 يمكن رؤية ان احداثيات D نسبة الى A هي : (E. 263+) و (N. 25-) التي منها يمكن احتساب "الوصل J O I N" اى طول واتجاه (AD) الزاوى .



ان احتساب "الوصل JOIN" و "القطب POLAR" هو امر اساس في المساحه وسيجرى الان شرحهما بالتفصيل . ولاجل فهم الخطوات ، يجب على الطلبه دراسة الشكل 3-21a وجدول 3-2 ملاحظين بان علامات الاحداثيات تشير الى الربع الذى تقع فيه الدائره الكامله للاتجاه الزاوى والعكس بالعكس .

جدول 3-2

الأتجاه الزاوي	E	N
الربع I	+	+
الربع II	+	-
الربع III	-	-
الربع IV	-	+

(1) الوصل JOIN هو الطول L والاتجاه لخط احتسب من فرق احداثيات نهايتيه .

خذ النقطتين A و B اللتين احداثياتهما (E_A,N_A) و (E_B,N_B) ، فعليه :

$$\Delta E_{AB} = E_B - E_A \quad , \quad \Delta N_{AB} = N_B - N_A$$

ثم من المعادلتين الاساسيتين (3-4) و (3-5) :

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} = \cot^{-1}\frac{\Delta N}{\Delta E} \quad \ldots \quad (3-6)$$

$$L_{AB} = (\Delta E^2 + \Delta N^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{\Delta E}{\sin\alpha} = \frac{\Delta N}{\cos\alpha} \quad \ldots \quad (3-7)$$

يفترض استخدام حاسبة الجيب العلميه في الحسابات التاليه :

$E_A = 48964{\cdot}38$ m	$N_A = 69866{\cdot}75$ m
$E_B = 48988{\cdot}66$ m	$N_B = 62583{\cdot}18$ m
$\Delta E_{AB} = +24{\cdot}28$ m	$\Delta N_{AB} = -7283{\cdot}57$ m

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1}\frac{+24{\cdot}28}{-7283{\cdot}57} = -0°\,11'\,27''$$

يستنتج من علامات $(-\Delta E)$ و $(+\Delta N)$ بان الاتجاه الزاوي يقع في الربع II .

اذن الدائره الكامله لاتجاه $(\overrightarrow{AB})$ الزاوي تساوي :

$$(w.c.b.)_{AB} = 180° - 0°\,11'\,27'' = 179°\,48'\,33''$$

حقق :

$$\alpha_{AB} = \cot^{-1}(-7283.57/+24.28) = -0°\,11'\,27''$$

وبطريقة اخرى :

$$\cot^{-1}(\Delta E/\Delta N) = 89°\,48'\,33''$$

اذن الدائره الكامله لاتجاه (AB) الزاوي تساوي :

$$= 90° + 89°\,48'\,33'' = 179°\,48'\,33''$$

في هذه الحاله يكون جمع $90°$ الى ابسط من طرحها من $180°$ كما في المرة الاولى .

$$L_{AB} = (\Delta E^2 + \Delta N^2)^{\frac{1}{2}} = (24.28^2 + 7283.57^2)^{\frac{1}{2}} = 7283.61 \text{ m.}$$

$$= \Delta N/\cos\alpha = 7283.57/\cos 179°\,48'\,33'' = 7283.61 \text{ m.}$$

$$= \Delta E/\sin\alpha = 24.28/\sin 179°\,48'\,33'' = 7289.84 \text{ m.}$$

الخطأ 6.23 m.

تختلف جيوب sins وظلال tans الزوايا الصغيره (اصغر من $1°\,20'$) وجيوب تمام coses الزوايا الكبيره (اكبر من $88°\,40'$) كثيرا و بشكل غير منتظم ، وعليه فان اي خطأ بسيط في التقريب سيكون له تاثيرا اكبرا بكثير على قيمة الجيب مما على قيمة جيب التمام . هذا اذن هو سبب الخطأ الكبير بالمسافه عند استخدام ($\Delta E/\sin\alpha$) ، وعليه يستحسن استخدام نظرية فيثاغورس بواسطة الحاسبات ، او عند استخدام اي من المعادلتين الاخيرتين اختر المعادلة التي فيها فرق الاحداثيات اكبر (اي ΔE < ΔN) وعليه في هذه المره استخدم ($\Delta N/\cos\alpha$) .

(ii) القطب POLAR ، هو احداثيات نقطة B اذا اعطيت احداثيات نقطة A وطول واتجاه الخط (AB) ، وهكذا :

$$E_B = E_A + \Delta E_{AB}$$
$$N_B = N_A + \Delta N_{AB}$$

حيث ان :

$$\Delta E = L\sin\alpha \quad , \quad \Delta N = L\cos\alpha$$

مثال : $E_A = 48\ 964.38$ m. , $N_A = 69\ 866.75$ m.

$w.c.b._{(A-B)} = 299°58'46''$

$L_{AB} = 1325.64$ m.

وحيث ان (AB) يقع في الربع الرابع IV فان علامات ΔE و ΔN هي سالبه و موجبه على التوالي :

$\therefore \Delta E_{AB} = 1325.64 \sin 299°58'46'' = -1148.28$ m.

$\Delta N_{AB} = 1325.64 \cos 299°58'46'' = +622.41$ m.

$\therefore E_B = E_A + \Delta E_{AB} = 47\ 816.10$ m.

$N_B = N_A + \Delta N_{AB} = 70\ 529.16$ m.

من الجدير الملاحظه بانه اذا كان للحاسبه ازرار للاحداثيات القطبيه polar والمتعامد rectangular والموسومة عادة ب (P→) و (R→) ، فعند ادخال احداثيات متعامده في الربعين III و IV والتحويل الى احداثيات قطبيه فانها ستعطي القيم $(-\theta_1)$ و $(-\theta_2)$ وكما مبين في الشكل 3-21b .
وعليه ولغرض الحصول على الدائره الكامله للاتجاه الزاوي يجب ان تضاف 360° . علما بان العمليه المعكوسه لا تتأثر . وكدليل على المراتب العشريه التي توضع في الحسابات ، تكون الارقام التاليه هي السارية :

$21°21'$ (4 مراتب عشريه)
$21°21'10''$ (5 مراتب عشريه)
$21°21'11''$ (6 مراتب عشريه)
$21°21'11.1''$ (7 مراتب عشريه)

3-3-4 تعديل المضلع Traverse Adjustment

تكون خطوات احتساب و تعديل المضلع كما يلي :

(1) استخرج معدل الزوايا والمسافات من الدفاتر الحقليه وحققها للحصول على خطأ مقبول للانغلاق .
(2) (a) تعديل معدل الزوايا المرصوده الى $((2n \pm 4) \times 90°)$.
(b) تعديل معدل المسافات المقاسه الى المسافات الافقيه المصححه .
(3) احتساب الاحداثيات الجزئيه $(\Delta E, \Delta N)$.
(4) تعديل الاحداثيات الجزئيه و مجموعها الجبري لتعطي الاحداثيات الكليه (E, N) .

ان هذا النوع من التعديل يمكن تطبيقه فقط الى المضلعات المغلقه (شكل مضلع او ربط) .
حيث لا توجد طريقة مثلى لتعديل المضلع ، فالطريقة الاسهل غالبا ما تكون مفضله . فهناك طريقتين اكثر استخداما في الهندسه لاعمال التثليث tertiary work هي :

(1) طريقة باودتش Bowditch's Method ، التي تنص :
(a) التصحيح الى (ΔE_n) : طول الضلع $(L_n) \times$ $\dfrac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta E)}{\text{طول المضلع الكلي}}$ =

$= K_1 \times L_n$

(b) التصحيح الى (ΔN_n): طول الضلع (L_n) × $\dfrac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta N)}{\text{طول الضلع الكلي}}$ =

اي: $= K_2 \times L_n$

فالطريقة اعلاه ناتجه من نظرية اصغر المربعات Least Squares وهذه مستنده الى الفرضيه القائله بان الاخطاء في قياس الاطوال تتناسب طرديا مع الجذور التربيعيه للاطوال المقاسه . وان الاخطاء في الاتجاهات الزاويه للخطوط تتناسب عكسيا مع الجذور التربيعيه لاطوال الخطوط . فلا الفرضية هذه مقبوله و لا الفرضيه الاولى عند قياس المسافه الكترونيا ، وبالرغم من ذلك فانها لا تزال تستخدم بشكل واسع .

(2) طريقة العبور Transit Method والتي تنص بان :

(a) التصحيح الى (ΔE_n): ($|\Delta E|$ للخط n) × $\dfrac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta E)}{\text{مجموع الـ } |\Delta E|}$ =

$= K_3 \times |\Delta E|_n$

(b) التصحيح الى (ΔN_n): ($|\Delta N|$ للخط n) × $\dfrac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta N)}{\text{مجموع الـ } |\Delta N|}$ =

$= K_4 \times |\Delta N|_n$

فليس لطريقة العبور اساسا رياضيا ولو ان ذلك ليس من شانه ان يجعلها متخلفه نسبة الى طريقة باودتش . وعلى الطلبه ملاحظة انه عند فرض (ΔE) او (ΔN) يجب ان تفرض كانها كميات موجبه باجمعها ، اي كميات مطلقه $|\Delta E|$ و $|\Delta N|$ ، و لاغراض التضليع الدقيق يجب اتباع طرق التصحيح الدقيقه ذات الاستناد الرياضي مبنية على قاعدة اصغر المربعات Least Squares .

مقارنة الطرق Comparison of Methods تؤدي طريقة باودتش الى تغيير الاتجاهات الزاويه التي يتم تصحيحها اكثر بكثير مما تؤديها طريقة العبور transit و هذه تكون على اشدها في حالة الخطوط ذات الاتجاه شمال ــ جنوب و شرق ــ غرب . كما وان طريقة العبور تؤدي الى تغيير المسافات اكثر والتي ربما هي الاكثر مقبوله ومعقوله بالنسبة للاخطاء . مع هذا و بشكل عام فان طريقة باودتش هي الاكثر شيوعا .

3-3-5 تعديل باودتش Bowditch Adjustment (شكل 3-22)

سوف يجرى الان احتساب مضلعا مغلقا و يجرى تعديله لغرض توضيح العمليات المشموله في الحساب و التعديل . انظر الجدول 3-3 .

على الطلبه ملاحظة النقاط التاليه :

(1) لقد تم تغطية موضوع تعديل و تحويل الزوايا المرصوده الى الدوائر الكامله للاتجاهات الزاويه وعلى الطلبه التأكد من ذلك بانفسهم .

جدول 3-3 تعديل باودتش BOWDITCH ADJUSTMENT للمضلع الخماسي المغلق

الزاويه	الزاويه الأفقيه المرصوده ° ′ ″	التصحيح	الزاويه الأفقيه المصححه ° ′ ″	الخط	الدائرة الكليه للأتجاه ع. c. b. ° ′ ″		الطول الأفقي (بالأمتار)
AB̂C	120 – 25 – 50	+10″	120 – 26 – 00	AB	0 – 00 – 00 (مفروضه)		155.00
BĈD	149 – 33 – 50	+10″	149 – 34 – 00	BC	300 – 26 – 00		200.00
CD̂E	95 – 41 – 50	+10″	95 – 42 – 00	CD	270 – 00 – 00		249.00
DÊA	93 – 05 – 50	+10″	93 – 06 – 00	DE	185 – 42 – 00		190.00
EÂB	81 – 11 – 50	+10″	81 – 12 – 00	EA	98 – 48 – 00		445.00
المجموع	539 – 59 – 10	+50″	540 – 00 – 00	AB	0 – 00 – 00	المجموع	1239.00
(2n–4)90°	540 – 00 – 00	تحقق			تحقق		
الخطأ	–50						

	الاحداثيات الجزئيه ΔE + التصحيح ± مصححه	ΔE – التصحيح ± مصححه	ΔN + التصحيح ± مصححه	ΔN – التصحيح ± مصححه	الاحداثيات الكليه E	N	المحطات
	–	–	155·00	–	0·0	0·0	A
	+0·07		+0·08				
	0·07		155·08		+0·07	+155·08	B
		172·45	101·51				
		+0·09	+0·10				
		172·36	101·61		–172·29	+256·69	C
	–	249·00	–	–			
		+0·10	+0·13				
		248·90	0·13		–421·19	+256·82	D
		18·87		189·06			
		+0·09		+0·10			
		18·78		188·96	–439·97	+67·86	E
	439·76			68·08			
	+0·21			+0·22			
	439·97			67·86	0·0	0·0	A
المجموع	+439·76	–440·32	+256·51	–257·14	تحقق		
الخطأ	–0·56		–0·63				
التصحيح	+0·56		+0·63				

متجه الخطأ $= (0{\cdot}56^2 + 0{\cdot}63^2)^{\frac{1}{2}} = 0{\cdot}84$ m (221° 42′)

الخطأ النسبي $= 0{\cdot}84$ in 1239 = 1 in 1475

(2) في المضلع المغلق ، يجب ان يساوي المجموع الجبري للاحداثيات الجزئيه صــفرا . ومن هذه الحقيقه يمكن ايجاد مقدار الخطأ في الاغلاق . ا(0.56-) و (0.63-) .

(3) اذا كان الخطأ في الاغلاق سالبا فان مقدار التصحيح يكون موجبا كما مبــين في الجدول رقم 3-3، ويوزع بطريقة باودتش كما يلي :

تصحيح لـ ΔN	تصحيح لـ ΔE
$= \frac{+0.63}{1239.00} \times 155.00$	$B = \frac{+0.56}{1239.00} \times 155.00$
$= K_2 \times 155.00 = +0.08$	$= K_1 \times 155.00 = +0.07$
$= K_2 \times 200.00 = +0.10$	$C = K_1 \times 200.00 = +0.09$
$= K_2 \times 249.00 = +0.13$	$D = K_1 \times 249.00 = +0.10$
$= K_2 \times 190.00 = +0.10$	$E = K_1 \times 190.00 = +0.09$
$= K_2 \times 445.00 = +0.22$	$A = K_1 \times 445.00 = +0.21$
المجموع $= +0.63$	المجموع $= +0.56$

(4) عند تطبيق التصحيحات يجب الانتباه الى علامات الكميات .

(5) ان اتجاه الخطأ error vector موضح في الشكل 3-22a ، ويستخدم لاحتساب الخطأ المتناسب proportional error للمضلع ، وهذا يكون عموما مقبولا كمؤشر لدقة المضلع . اي 1 الى 1475 .

شكل 3-22a

3-3-6 تعديل مضلع الربط Link Traverse Adjustment

يبدأ مضلع الربط (شكل 3-22b) من محطات معلومه (AB) ويربط الى محطات معلومه اخرى (CD) وعادة تكون المحطات A و B و C و D ذات دقة اعلى والتي تبقى قيمها ثابته في حسابات لاحقه .

ان طريقة الحساب والتعديل تسير كالتالي :

A 151° 27′ 38″
B
E_B=3854.28 m
N_B=9372.98 m
E.1
E.2
E.3
E.4
D 347° 37′ 41″
C
E_C=7575.56 m
N_C=8503.21 m

شكل 22b-3

التعـــديل الزاوى Angular Adjustment

(a) اوجد الدائره الكامله لاتجاه (CD) الزاوى من خلال المضلع ابتداء من (AB)، وقارن النتيجه مع الاتجاه المعلوم لـ (CD) . فالفرق (Δ) بين الاتجاهين هو الخطأ الزاوي في الاغلاق .

(b) لاجل تحقـيق قيمة Δ بالامكان تطبيق القاعده التاليه :
الدائره الكامله لاتجاه (CD) الزاوى تساوى مجموع الزوايا المرصوده زائدا الاتجاه الزاوى الابتدائي لـ (AB) ناقصا (n × 180)° .
حيث ان n هي عدد الزوايا ، وهي موجبه اذا كانت زوجيه وسالبه اذا فرديه . فاذا كانت النتيجة سالبه اجمع اليها 360° .

(c) التصحـيح لكل زاويه سوف يكون (Δ/2) والذى سيوزع تراكميا على الدوائر الكامله للاتجاهات كما هو موضح في المثال .

جدول 3 ـ 3a تعديل باودج BOWDITCH للمضلع المفتوح

المحط	الزوايا المرصوده ° ′ ″	الخط	الدائره الكامله للاتجاه ° ′ ″	التصحيح	الدائره الكامله المصححه ° ′ ″	المسافه (متر)	غير مصححه E	N	التصحيح Δ′E	Δ′N	مصححه E	N	المحطه
		A–B	151–27–38		151–27–38		3854·28	9372·98			3854·28	9372·98	B
	143–54–47	B–E1	115–22–25	−4	115–22–21	651·16	4442·63	9093·96	+0·03	−0·05	4442·66	9093·91	E.1
	149–08–11	E1–E2	84–30–36	−8	84–30–28	870·92	5309·55	9177·31	+0·08	−0·11	5309·63	9177·20	E.2
	224–07–32	E2–E3	128–38–08	−12	128–37–56	522·08	5717·38	8851·36	+0·11	−0·15	5717·49	8851·21	E.3
	157–21–53	E3–E4	106–00–01	−16	105–59–45	1107·36	6781·87	8546·23	+0·17	−0·22	6782·04	8546·01	E.4
	167–05–15	E4–C	93–05–16	−20	93–04–56	794·63	7575·35	8503·49	+0·21	−0·28	7575·56	8503·21	C
	74–32–48	C–D	347–38–04	−23	347–37–41								
		C–D	347–37–41		= المجموع	3946·15	7575·56	8503·21					
المجموع	916–10–26	Δ	+23″			Δ′E.Δ′N	·0·21	+0·28					
الاتجاه الابتدائي	151–27–38												
المجموع −1080°	1067–38–04 1080–00–00												
	−12–21–56 +360°–00–00												
(محسوب) (معطى)	347–38–04 347–37–41												
	+23″	تحقيق											

متجه الخطأ $= (0{\cdot}21^2 + 0{\cdot}28^2)^{\frac{1}{2}} = 0{\cdot}35$

الخطأ النسبي $= \frac{0{\cdot}35}{3946} = 1/11\ 300$

(a) اوجد مجموع الاحداثيات لنقطة C عبر المضلع من نقطة B كنقطة اصل ، فالمقارنه مع الاحداثيات المعلومة لـ C ستعطي خطأ اقلاق للاحداثيات ($\Delta'E$) و ($\Delta'N$).

(b) حيث ان الاحداثيات المحتسبه هي قيم كليه total values ، وزع الخطأ في الاقلاق تراكميا على المحطات (E.1) الى C .

والان ادرس المثال المعطى في جدول 3a-3 .

7-3-3 ايجـاد موقع الغلطه Location of Gross Error

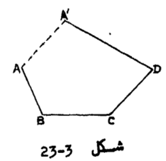
في حالة خطأ واحد كبير او غلطه في اى من الزوايا او المسافات ، يجب ايجاد موقعها و اعادة قياسها في الحقل .

خطـأ في المسافه

و هذا يحدث في الجزء الذي له نفس الاتجاه الزاوى للمتجه الخطـأ error vector .
فعلى سبيل المثال ، في الشكل 3-23 ، من البديهي ان الغلطة الموجـودة في المتجه المخطوء (AA') قد وقعت في الخط (CD) ، و هكذا فتقصـير طول الخط (CD) بمقدار (AA') سيؤدي الى اقتراب A' من A .

خطأ في الزاويه

يمكن اكتشافه باحتساب قيم الاحداثيات للمحطه مرتين ، مرة ابتداء من الاتجاه المعروف (AB) والتقدم بعكس اتجاه عقرب الساعه عبر المضلع كما في الشكل 3-22b ثم استخدام الاتجاه المعكوس والتقدم باتجاه عقرب الساعه ، فالغلطه حتما ستكون قد حدثت في المحطة التي فيها تقريبا تتوافق قيم الاحداثيات. هنا تستخدم الزوايا غير المصححه في الحسابات ، و بطريقة اخرى يمكن رسم المضلع بكلا الاتجاهين لتعيين موقع المحطه الضروريه .



شكل 3-23

لا تكون هذه الاساليب مجديه في حالة وجود اكثر من خطأ واحد فيجب على الطلبه التمييز بين هذه الاخطاء الكبيره (الاغلاط) والاخطاء الاعتياديه العفويه التى يتم توزيعها بواسطة التعديل .

يمكن ايجاد المساحه المحصوره بالضلع (ABCDA) بطريقة احتساب مساحة المستطيل (ácDd) ثم طرح منه مساحات المثلثات المحيطة به . . . الخ ، وكما يلي :

مساحة المستطيل	: (ácDd)	= ác × ád
		= 263 × 173 = 45 499 m².
مساحة المستطيل	: (ábBa)	= 77 × 71 = 5 467 m².
مساحة المثلث	: (AaB)	= 71 × 35.5 = 5 520.5 m².
مساحة المثلث	: (BbC)	= 77 × 46 = 3 542 m².
مساحة المثلث	: (CcD)	= 173 × 50 = 8 650 m².
مساحة المثلث	: (DdA)	= 263 × 12.5 = 3 287.5 m².
المجموع	:	23 467 m².
اذن المساحه	: (ABCDA)	= 45 499 - 23 467 = 22 032
		= 22 000 m².

فبالامكان استخدام القاعده التاليه عندما تعطى فقط الاحداثيات الكليه ، و ذلك بضرب المجموع الجبري لتشميل كل محطة والتي تليها بحاصل الطرح الجبري لكل محطه من التي تليها ، والمساحه تساوى نصف المجموع الجبرى لهذه الضربيات .

وهكذا من الجدول 3b-3 شكل 3-20 .

جدول 3b-3

المحطات	N	E	مجموع الـ N	الفرق في E	ضعف المساحه +	ضعف المساحه −
A	0·0	0·0	71	−71		5 041
B	71	71	219	−92		20 148
C	148	163	123	−100		12 300
D	−25	263	−25	263		6 575
A	0·0	0·0				—
				Σ		44 064

المساحه (ABCDA) تساوى22 032 متر مربع وتساوى تقريبا 000 22 متر مربع . ان القيمه 000 22 هي الاصح اذا اخذنا بنظر الاعتبار عدد المراتب العشريه المشتركه في عملية الحسابات . فهذه القاعده الاخيره هي الاكثر استعمالا و من السهل تذكرها اذا كتبت بالشكل التالي :

$$\begin{matrix} & N_A & & N_B & & N_C & & N_D & \\ E_D & & E_A & & E_B & & E_C & & E_D \quad E_A \end{matrix} \quad \ldots (8\text{-}3)$$

وهكذا فالمساحة A تساوى :

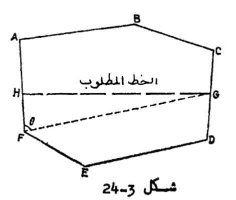
$$A = \tfrac{1}{2}[N_A(E_B-E_D)+N_B(E_C-E_A)+N_C(E_D-E_B)$$
$$+N_D(E_A-E_C)]$$
$$= \tfrac{1}{2}[0+71(163)+148(263-71)+ -25(0-163)]$$
$$= \tfrac{1}{2}[11\ 573+28\ 416+4075] = 22\ 032\ \text{m}^2$$

4-3 تقسيم الارض PARTITION OF LAND

بالامكان اجراء هـذه المهمه من قبل المهندس عـند تقسيم الارض لمساحات مباني واسعه ، وحيث ان الموضوع ليس هو من الاسئله الامتحانيه المتكرره فسوف يجرى شرحه فقط بايجـاز .

3-4-1 افراز مساحة معينه بواسطة خط يمر من نقطة معلومه

رجوعا الى الشكل 3-24 بالمطلوب ايجاد الطول والاتجاه الزاوى للخط (GH) الذى يقسم المساحه (ABCDEFA) الى القيم المفروضه .



شـكل 3-24

الطريقه

(a) احسب المساحه الكليه (ABCDEFA).

(b) من النقطه المعلومه G ارسم الخط (GH) بحيث يقسم المساحه الى الاجزاء المطلوبه تقريبـيا .

(c) ارسم خطا من G الى اقرب محطة من H ، اى F .

(d) من احداثيات G و F احسب الطول والاتجاه الزاوى للخط .

(e) اوجد مساحة (GDEF) ، فبطرح هذه المساحه من المساحة المطلوبه نحصل على مساحة المثلث (GFH) .

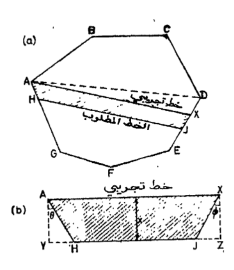
(f) والان المساحه (GFH) : $= \frac{1}{2}$ HF . FG . sin θ
والمسافه (FG) معروفة من (d) اعلاه والزاويه θ هي الفرق بين الاتجاهين الزاويين المعروفين (FA) و(FG) وبذلك يكون بالامكان احتساب طول (HF).

(g) حيث ان الاتجاه الزاوى (FH) يساوى الاتجاه الزاوى لـ (FA) وهو معلوم ، فعليه يكون بالامكان ايجاد احداثيات H .

(h) ومن احداثيات G و H يحتسب الطول والاتجاه الزاوى لـ (GH).

2-4-3 افراز مساحة معينه بخط ذو اتجاه معلوم

رجوعا الى الشكل 3-25a ، المطلوب تعيين موقع الخط (HJ) ذو الاتجاه الزاوى المعلوم والذى يقسم المساحه (ABCDEFGA) الى الاجزاء المطلوبه .



شكل 3-25

الطريقه

(a) ارسم خطا تجريبيا يالاتجاه الزاوى المفروض من اية محطه بحيث انه تقريبا يقطع المساحه المطلوبه ، قل (AX).
(b) يحتسب طول (AD) واتجاهه الزاوى من احداثيات المضلع .
(c) في المثلث (ADX) المعلوم فيه طول واتجاه (AD) الزاوى ، كذلك معلوم الاتجاه الزاوى لـ (DX) وهو يساوى اتجاه (DE) ، وهكذا بالامكان احتساب الثلاثة زوايا وبالتالي ايجاد مساحة المثلث .
(d) من الاحداثيات اوجد مساحة (ABCDA) وهكذا تعرف المساحه الكليه (ABCDXA) .
(e) الفرق بين المساحة اعلاه والمساحه المطلوب افرازها هي المساحه المطلوب جمعها او طرحها بواسطة خط موازى الى الخط التجريبي (AX) ، وافرض ان هذه هي شبه المنحرف (AXJHA) الذى مساحته معلومه مع الاتجاه الزاوى وطول ضلع واحد هو (AX) و الاتجاهات الزاويه لبقية الاضلاع.
(f) بالرجوع الى الشكل 3-25b ، وحيث ان الاتجاه الزاوى لكافة الاضلاع معلوم فان الزاويتين θ و ϕ تكونان معلومتان ، ومنهما ينتج :

$$YH = x \tan\theta \,, \quad JZ = x \tan\phi$$

والان المساحه (AXJHA) تساوى :

= ((AXZYA) مساحة المستطيل) − ((مساحة المثلث (AHY)) + (مساحة المثلث (XZJ)))

$$= AX \cdot x - \left(\left(\frac{x}{2} \times x \tan\theta\right) + \left(\frac{x}{2} \times x \tan\phi\right) \right)$$

$$= AX \cdot x - \left((x^2/2) \times (\tan\theta + \tan\phi) \right)$$

ومن هذه المعادله يمكن ايجاد قيمة x .

(g) ومن معرفة x يصبح بالامكان احتساب المسافات (AH) و (XJ) بسهوله واستخدامها في تعيين موقع الخط المطلوب (HJ).

مثله محلوله

ال 1 ، يعطي الجدول التالي احداثيات المضلع (ABCDEFA) :

الضلع	ΔN (m)	ΔE (m)
AB	−138·26	− 76·35
BC	− 67·91	145·12
CD	109·82	20·97
DE	31·73	187·06
EF	77·36	−162·73
FA	− 25·24	− 87·14

يتضح من هذه القيم بان خطأ مقداره 30 م قد وقع ، ولغلب الظن انه حدث في احد الضلعين (BC) او (EF) . بين الاسباب لهذين الرأيين .
خذت قراءات ابعاد (تاكيومتريه) من A الى مسطرة مساحه شاقوليه في D . فكانت زاوية المنظار 24 تحت الافق وسجلت قراءات الستيديا 1.737 و 2.530 و 3.322 . استخدم هذه القراءات لتقرر اى ضلع يجب قياسه مرة ثانيه . ايضا جد الفرق بالمنسوب بين المحطتين A و D اذا كان ارتفاع الجهاز 1.463 م فوق مستوى المحطه في A . (جامعة لندن)

لحل : بجمع الاحداثيات اعلاه يظهر خطأ قيمته (12.5−) تشميل (26.93+) تشريق .

متجه الخطأ يساوى : $= (12.5^2 + 26.93^2)^{\frac{1}{2}} = 30m.$

هكذا بتفحص الاحداثيات اعلاه يتبين بان احد الخطين (BC) او (EF) هو مصدر الخطأ المحتمل الوحيد .

الاتجاه الزاوى لمتجه الخطأ يساوى : $= \tan^{-1}(26.9/12.5) \approx 2/1$

الاتجاه الزاوى للخط (BC) يساوى : $= \tan^{-1}(145.12/67.91) \approx 2/1$

الاتجاه الزاوى للخط (EF) يساوى : $= \tan^{-1}(162.73/77.36) \approx 2/1$

هكذا فان الخطأ يمكن ان يكون في اى من الخطين لان كلا الخطين موازيان لمتجه الخطأ ، فيجب اذن الاستفاده من معلومات الابعاد (المعلومات التاكيومتريه) كما يلي لغرض عزل الخط موضوع البحث :

المسافه (AD) : $= 100 \cdot S \cdot \cos^2\theta$

$= 100 \times 1.585 \cos^2 24^\circ = 132.3 \text{ m.}$

المسافه (AD) من الاحداثيات تساوى : $= (96.35^2 + 89.74^2)^{\frac{1}{2}} = 131.7 \text{ m.}$

عليه فان الخطأ البالغ 30 م لا يمكن ان يكون في الخط (BC) و يجب ان يكون في (EF) .
وعند تفحص الاحداثيات يتضح بان (EF) يجب ان يزيد بمقدار 30 م .

الارتفاع الشاقولي تاكيومتريا يساوى : $= 132.3 \tan 24^\circ = 58.90 \text{ m.}$

اذن الفرق بالمنسوب بين A و D يساوى : $= 1.463 - 58.90 - 2.530$

$= 59.97 \text{ m.}$

مثال 2 : انجزت اعمال مسح من نقطة A اسفل مهواة shaft على طول نفق الى اسفل مهواة اخرى عند E .

الخط	w. °	c. ′	b. ″	المسافة المقاسه (أمتار)	ملاحظات
AB	70	30	00	150·00	1 in 10 صاعد
BC	0	00	00	200·50	افقي
CD	154	12	00	250·00	افقي
DE	90	00	00	400·56	1 in 30 نازل

فاذا اريد ربط المهواتين بنفق مستقيم ، احسب الاتجاه الزاوى A الى E ، والميل grade .
فاذا ثبتت المزواة في A ورصدت النقطة B ، ما هي قيمة الزاويه باتجاه عقرب الساعه التي يجب ان تدار المزواة لتثبيت خط مسار النفق الجديد .

الحل :

المسافة الافقيه (AB) تساوى : $=(150/(101)^{\frac{1}{2}})\times 10 = 149.25$ m.

الارتفاع من A الى B يساوى : $= 150 \div (101)^{\frac{1}{2}} = 14.92$ m.

الانخفاض من D الى E يساوى : $= (400.56/(901)^{\frac{1}{2}}) = 13.34$ m.

المسافة الافقيه (DE) تساوى : $= (400.56/(901)^{\frac{1}{2}}) \times 30 = 400.34$ m.

اذن يرتفع النفق من A الى E بمقدار : $= 14.92 - 13.34 = 1.58$ m.

الاحداثيات الجزئيه (ΔE, ΔN)	0	0	A
149·25 sin/cos 70° 30′ 00″	140·69	49·82	B
200·50 due N	0	200·50	C
250·00 sin/cos 154° 12′ 00″	108·81	-225·08	D
400·34 due E	400·34	0	E
احداثيات E الكليه	649·84	25·24	

اذن اتجا(AE) الزاوى : $= \tan^{-1}(+649.84/+25.24) = 87°47'$

وعليه فالطول يساوى : $= 649.84/\sin 87°47' = 652.33$ m.

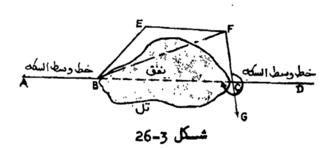
الميل يساوى 1.58 الى 652.33 و هذا يساوى 1 الى 413 .

والزاويه التي يجب ان تدار تساوى : $= B\hat{A}E = (87°47' - 70°30')$
$= 17°17'00''$

مثال 3 : المطلوب انشاء سكة حديديه مستويه من A الى D بخط مستقيم بحيث تمر خلال تل كبير واقع بين A و D . ولغرض الاسراع بالعمل فقد تقرر حفر النفق من كلا جانبي التل .
فقد تم تعيين استقامة خط الوسط من A الى قدم التل حيث يبدأ النفق . والان مطلوب تعيين خط الوسط على الجانب الاخر من التل في C التي فيها سيتم حفر النفق بالاتجاه المعاكس . ولاجل توفير هذه المعلومات فقد تم انشاء المضلع التالي حول التل :

الضلع	الاتجاه الزاوي	المسافة الافقيه	ملاحظات
AB	88° 00′ 00″	—	خط وسط السكه
BE	46° 30′ 00″	495·80 m	
EF	الى الشرق	350·00 m	
FG	174° 12′ 00″	—	خط نظر طويل عبر التل

اوجد :
(a) المسافه الافقيه من F باستقامة (FG) لتعيين النقطه C .
(b) الزاويه باتجاه عقرب الساعه من (CF) لتعطي خط الحفر العكسي للنفق .
(c) الطول الافقي للنفق المراد حفره .



شكل 26-3

الحل :

اجد الاحداثيات الكليه لـ F نسبة الى E ،(شكل 26-3) .

	ΔE	ΔN	المحطه
495·80 $\frac{\sin}{\cos}$ 46° 30′ 00″	E 359·60	N 341·30	E
350·00 (الى الشرق)	E 350·00		F
احداثيات F الكليه	E 709·60	N 341·30	F

الدائره الكامله للاتجاه الزاوي لـ (BF) : $= \tan^{-1}(709.60/341.30) = 64°18'48''$

المسافه تساوي : $= 709.60/\sin 64°18'48'' = 787.42$ m.

حل المثلث (BFC) للحصول على المعلومات المطلوبه :

اتجاهات الاضلاع الثلاثه للمثلث معلومه ، و منها يمكن الحصول على قيم الزوايا التاليه :

$$FBC = 23°41'12''$$
$$BCF = 86°12'00''$$
$$CFB = 70°06'48''$$
$$\overline{180°00'00''}$$

∴ (يحقق)

بواسطة قانون الجيوب :

$$FC = \frac{BF \sin FBC}{\sin BCF} = \frac{787.42 \sin 23°41'12''}{\sin 86°12'00''} = 317.03 \text{ m.} \quad ...(a)$$

$$BC = \frac{BF \sin CFB}{\sin BCF} = \frac{787.42 \sin 70°06'48''}{\sin 86°12'00''} = 742.10 \text{ m.} \quad ...(c)$$

$$360° - B\hat{C}F = 273°48'00'' \quad ...(b)$$

مثال4 : يبين الجدول التالي تفاصيلا عن المضلع (ABCDEFA) . عدل المضلع بطريقة باودتش، واوجد احداثيات المحطات نسبة الي A (0,0) .ما هو طول والاتجاه الزاوى للخط (BE)؟

الخط	الطول (متر)	w.c.b.	ΔN (m)	ΔE (m)
AB	560·5		−560·5	0
BC	901·5		−424·3	795·4
CD	557·0		501·2	−243·0
DE	639·8		412·9	488·7
EF	679·5	293° 59′		
FA	467·2	244° 42′		

(جامعة لندن)

الحل : اكمل جدول الاحداثيات اعلاه

	ΔE	ΔN
679·5 $\frac{\sin}{\cos}$ 293° 59′	−620·8	+276·2
467·2 $\frac{\sin}{\cos}$ 244° 42′	−422·4	−199·7

والان بمراجعة الجدول3-4 يجرى احتساب تصحيحات باودتش كما يلي :

المحطه	ΔN	ΔE
	معطية: $\frac{-5.8}{3805.5} \times 560.5$	معطية: $\frac{2.1}{3805.5} \times 560.5$
B	$K_1 \times 560.5 = -0.8$	$K_2 \times 560.5 = 0.3$
C	$K_1 \times 901.5 = -1.4$	$K_2 \times 901.5 = 0.5$
D	$K_1 \times 557.0 = -0.9$	$K_2 \times 557.0 = 0.3$
E	$K_1 \times 639.8 = -1.0$	$K_2 \times 639.8 = 0.3$
F	$K_1 \times 679.5 = -1.0$	$K_2 \times 679.5 = 0.4$
A	$K_1 \times 467.2 = -0.7$	$K_2 \times 467.2 = 0.3$
	المجموع = -5.8	المجموع = 2.1

الان تضاف التصحيحات اعلاه جبريا الى الاحداثيات الجزئيه .

ولغرض ايجاد الطول والاتجاه الزاوي لـ (BE):

$\Delta N = 486.5$ m. , $\Delta E = 1042.2$ m.

اذن الاتجاه الزاوي لـ(BE) يساوي : $= \tan^{-1}(1042.2/486.2) = 64°59'$

الطول(BE) يساوي : $= 1042.2/\sin 64°59'$

$= 1150.10$ m.

جدول 4-3

المحطات	الاطوال m	ΔN m	ΔE m	مصححه ΔN	مصححه ΔE	N	E
A						0·0	0·0
B	560·5	−560·5	0	−561·3	0·3	−561·3	0·3
C	901·5	−424·3	795·4	−425·7	795·9	−987·0	796·2
D	557·0	501·2	−243·0	500·3	−242·7	−486·7	553·5
E	639·8	412·9	488·7	411·9	489·0	−74·8	1042·5
F	679·5	276·2	−620·8	275·2	−620·4	200·4	422·1
A	467·2	−199·7	−422·4	−200·4	−422·1	0·0 يحقق	0·0 يحقق
المجموع	3805·5	5·8	−2·1	0·0	0·0		
تصحيح الاحداثيات		−5·8	2·1				

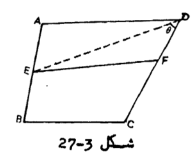
مثــــال 5 ، في الشكل الرباعي (ABCD) ، احداثيات النقاط بالامتار هي كالاتي :

النقطه	E	N
A	0	0
B	0	−893·8
C	634·8	−728·8
D	1068·4	699·3

اوجد مساحة الشكل بطريقة الحسابات .

اذا كانت E هي منتصف (AB) ، اوجد بطريقة الرسم او بطريقة الحسابات احداثيات النقطه F التي تقع على الخط (CD) بحيث ان المساحه (AEFD) تساوي المساحه (EBCF) . (جامعة لندن)

الحل ، الاحداثيات المبينه اعلاه هي احداثيات كليه ، وعليه يستخدم القانون المناسب ، شكل 27-3 .



شكل 27-3

المحطه	N	E	مجموع الـ N	الفرق في E	ضعف المساحه +	ضعف المساحه −
A	0	0	− 893 8	0		
B	− 893·8	0	− 1622 6	− 634·8	1030 026	
C	− 728·8	634·8	− 29·5	− 433 6	12 791	
D	699 3	1068 4	699 3	1068 4	747 132	
A	0	0				
				Σ	1 789 949	
					894 974 m²	

ويعـــدل الرقم اعلاه ليصبح 895 000 متر مربع .

لاجل ايجاد احداثيات النقطه F بطريقة الحســابات :

من الهندسه التحليليه ، يسهل اثبات ان احداثيات E هي معدل احداثيات A و B .
وبطريقة الاحداثيات كما في اعلاه ، تحتسب مساحة المثلث (AED) :

المحطه	N	E	مجموع الـ N	الفرق في E	ضعف المساحه +	ضعف المساحه −
A	0	0	−446·9	0		
E	−446·9	0	252·4	−1068·4		269 700
D	699·3	1068·4	699·3	1068·4	747 100	
				Σ	477 400	
					238 700 m²	

اذن مساحة المثلث (EDF) : $= \frac{895\ 000}{2} - 238\ 700 = 208\ 800\ m^2$

من الاحداثيات :

الاتجاه الزاوي لـ (ED) يساوي : $= \tan^{-1}(+1\ 068.4/+1\ 146.2) = 42°59'$

طول (ED) يساوي : $= 1\ 146.2 \cos 42°59' = 1\ 567.00$ m.

الاتجاه الزاوي لـ (DC) يساوي : $= \tan^{-1}(-433.6/-1\ 428.1) = 196°54'$

اذن θ تساوي : $= 42°59' - 16°54' = 26°05'$

والان مساحة المثلث (EDF) تساوي : $= \frac{1}{2} DE \times DF \sin\theta$

$= 208\ 800\ m^2$

اذن (DF) يساوي : $= 208\ 800/(0.5 \times 1\ 567 \times \sin 26°05')$

$= 606$ m.

وهكذا فالاحداثيات الجزئيه لـ F بالنسبة لـ D هي :

$$606 \begin{matrix} \sin \\ \cos \end{matrix} 196°54' = -176.2(\Delta E)\ ,\quad -579.9(\Delta N)$$

اذن مجموع احداثيات F هي 892.2 E تشريق و 119.4 N تشميل .

تمـــارين

(1) قيست زوايا اضلاع المضلع المغلق (ABCDEFA) ، وبعد تعديل الزوايا تم تحضـير لوحة المضلع المبينه في ادناه :

الخط	الطول m	w. c. b.	الاتجاه الزاوي	ΔN (m)	ΔE (m)
AB	355.52	58° 30′ 00″	N 58° 30′ 00″ E	185·75	303·13
BC	476.65	185° 12′ 30″	S 84° 47 30″ W	−43·27	−474·70
CD	809.08	259° 32′ 40″	S 79° 32′ 40″ W	−146·82	−795.68
DE	671·18	344° 35′ 40″	N 15° 24′ 20′ W	178·30	−647·08
EF	502.20	92° 30′ 30″	S 87° 30′ 30″ E	−21·83	501·72
FA	287·25	131° 22′ 00″	S 48° 38′ 00″ E	−189·84	215·58

سند تدقيق اللوحه يتبين بوضوح بانها تحتوي على اخطاء ، عدّل اللوحة حيثما تراه ضروريا ، عدها صحح التشميل والتشريق بطريقة باودتش ثم اوجد الاحداثيات لكافة المحطات . علما بان لحداثيات A هي 1 070.00 N و 235.50 W . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(الجواب : الاخطاء : الاتجاه الزاوي لـ (BC) هو (S 5°12'30"W) ، وعليه فان (ΔN) و (ΔE) تتبادلان ، (ΔN) و (ΔE) لـ (DE) تتبادلان . الاتجاه الزاوي لـ (EF) هو (S 87°29'30"E) معطيا (ΔN) جديدة مقدارها (-21.97m.) . لحداثيات (B) 1255.81N و 67.27 E ، (C) 781.19 N و 23.51 E ، (D) 634.50 N و 773.00 W ، (E) 1281.69N و 951.99W ، (F) 1259.80N و 450.78W)

(2) في المضلع (ABCDEFG) ، جعل الخط (BA) كانه خط الطول المرجعي reference meridian
كما وان احداثيات الاضلاع (AB) و (BC) و (CD) و (DE) و (EF) هي :

الخط	AB	BC	CD	DE	EF
ΔN	−1190·0	−565·3	590·5	606·9	1017·2
ΔE	0	736·4	796 8	−468·0	370·4

فاذا كان الاتجاه الزاوي لـ (FG) هو 248°13' وطوله 896.0 م . اوجد الطول والاتجاه الزاوي لـ (GA) . (جامعة لنــدن)
(الجواب : 947.8 م ، 216°45')

(3) عند مسح المضلع المغلق (ABCDEA) ، وجدت القياسات التاليه :

الخط	EA	AB	BC	
الطول (m)	793·7	1512·1	863·7	
الزاويه المحصوره	DEA	EAB	ABC	BCD
	93° 14′	112° 36′	131° 42′	95° 43′

لم يكن بالامكان اشغال المحطه D ولكن بالامكان مشاهدتها من C و E ، احسب الزاويه (CDE) والطولين (DE) و (CD) ، بجعل (DE) مرجعا لك وبفرض ان كافة الرصدات كانت صحــيحه .
(جامعة لندن)
(الجواب : زاوية (CDE) تساوي 96°45' ، (DE) يساوي 1847.8 م ، (CD) يساوي 1502.0 م)

(4) تم انشاء مضلع مفتوح من A الى E لغرض ايجاد طول واتجاه الخط (AE) الذي لم يكن بالامكان قياسه مباشرة ، وقد تم الحصول عــلى النتائج التاليه :

الخــط	AB	BC	CD	DE
الطول (m)	1025	1087	925	1250
الدائره الكامله للاتجاه	261° 41′	09° 06′	282° 22′	71° 31′

اوجد المعلومات المطلوبه بواسطة الحسابات . (جامعة لنــدن)
(الجواب : 339°46' , 1620)

(5) تم مسح المضلع (ACDB) بمزواة و سلسله ، وقد كانت الاطوال والاتجاهات الزاويه كما هو مثبت في ادناه . فاذا كانت احداثيات A هي (x=0 , y=0) واحداثيات B هي (x=0 , y=897.05) . عدّل المضلع واوجد احداثيات C و D . لاحظ بان احداثيات A و B يجب ان لا تتغير . (جامعة لندن)

الخــط	AC	CD	DB
الطــول (m)	480·6	292·0	448·1
الدائره الكامله للاتجاه	25° 19′	37° 53′	301° 00′

(الجواب : الاخطاء بالاحداثيات (x=0.71 , y=1.41) ، (C) (x=205.2 , y=434.9) ،
(D) (x=179.1 , y=230.8))

القياس البصري للمسافة

في القياس البصري للمسافه ، هنالك طريقتان اساسيتان متبعتـان :

(a) باستخدام وضع زاوى parallacticangle ثابت وحصرمسـطره staff intercept متغير .
(b) باستخدام حصر مسطره ثابت ووضع زاوى متغير .

في كلتا الحالتين يمكن مسك المسطره شاقوليا او افقيا ، وتسمى القياسات البصريه للمسافه في المملكه المتحده عموما ، تاكيومترى Tacheometry .

4-1 مسح الابعاد بواسطة مسطره شاقوليه Vertical Staff Tacheometry

ان اساس هذا النوع من مسح الابعاد tacheometry والذى يبقى فيه الوضع الزاوى(2α) ثابت وحصر المسطره S متغير بتغير المسافه D موضح في الشكل 4-1 .
يتحـدد الوضع الزاوى بموقع شعرتي الستيديا c و e (شعرتا الستيديا : هما شعرتا قياس المسافه في ميدان النظر diaphram للجهاز .) عـلى كل من جانبي الشـعرة الوسـطيه المتقاطـعـه b .

فمن تشابه المثلثات : AB/CE = Ab/ce

اجعل (ce) تسـاوى i ، وعـليه :

$$D = (f/i) . S = K_1 . S \quad ... \quad (4-1)$$

يتم تركيب f و i في المناظير الحديثه بحيث ان K_1 تساوى 100 والمعادله(4-1) هي مبدئيا صحيحه للتسديدات الافقيه الماخوذه باى جهاز حديث .وسوف يجرى الان فحص الجهاز بتفصيل اكثر : في الشكل 4-2 ، f هي البعد البؤرى لمجموعة العدسه الشيئيه و d هي المسافه بين العدسه الشيئيه ومركز الجهاز و(ce) هو مدى الستيديا و D هي المسافه بين مسطرة المساحه و مركز الجهاز .

وعليه بطريقة المثلثات المتشابهه : Bp/CE = Op/c'e' ,

$$\therefore \; Bp = S . (f/i)$$

والان :

$$D = Bp + (f + d) = S (f/i) + (f + d)$$

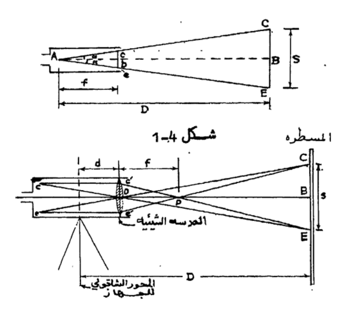
تسمى القيمه (f + d) ثابت الاضافه K_2 additive constant و(f/i) ثابت الضرب Multiplying constant K_1 ، لذا فبالنسبة للتسديدات الافقيه :

$$D = K_1 . S + K_2 \quad ... \quad (4-2)$$

فلو اقتصر قياس الابعاد على التسديدات الافقيه لكانت تطبيقاته محدودة جدا ، وعـليه سيجرى الان استنتاج القانون العام . والشكل 4-3 يوضح تسديدا مائلا .

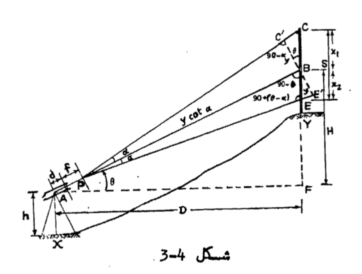
بواسطة قانون الجيوب في المثلث (PCB) :

$$\frac{x_1}{\sin\alpha} = \frac{y\cot\alpha}{\sin(90^\circ-(\theta+\alpha))} = \frac{y\cot\alpha}{\cos(\theta+\alpha)}$$



شكل 1-4

شكل 2-4



شكل 3-4

وبالضرب المتقاطع : $x_1\cos(\theta+\alpha) = y\cot\alpha\sin\alpha = \frac{y\cos\alpha\sin\alpha}{\sin\alpha} = y\cos\alpha$

من ذلك ينتج :

$$y = x_1\cos\theta - x_1\sin\theta\tan\alpha \qquad \ldots \quad (a)$$

و بنفس الطريقه في المثلث (PBE) :

$$\frac{x_2}{\sin\alpha} = \frac{y\cot\alpha}{\sin(90^\circ+(\theta-\alpha))} = \frac{y\cot\alpha}{\cos(\theta-\alpha)}$$

$$x_2\cos(\theta-\alpha) = y\cot\alpha\sin\alpha = y\cos\alpha$$

$$\therefore\ y = x_2\cos\theta + x_2\sin\theta\tan\alpha \qquad (b)$$

وبجمع (a)و(b)ينتج :

$$2y = (x_1 + x_2)\cos - (x_1 - x_2)\sin \quad \tan$$

اى :

$$C'E' = S\cos\theta - (x_1 - x_2)\sin\theta \ \tan\alpha \quad \dots \quad (c)$$

ان اعلى قيمه لـ $\sin\theta$ ستكون 0.707 ($\theta=45°$)وبالنسبة لـ $\tan\alpha$ فهي 0.005(α=1/200)، بينما بالنسبة لاغلب الاعمال في التطبيقات العمليه تكون : ($x_1 \approx x_2$) ، لذا فالحد الثاني يمكن اهماله للجميع ما عدا اكثرهم انحدارا .

والان من الشكل 3-4 :

$$AB = K_1\ (C'E') + K_2 = K_1 \cdot S \cdot \cos\theta + K_2$$

$$\therefore\ AF = D = AB \cdot \cos\theta = K_1 \cdot S \cdot \cos^2\theta + K_2 \cos\theta \quad \dots \quad (d)$$

وبنفس الطريقه :

$$FB = H = AB \cdot \sin\theta = K_1 \cdot S \cdot \cos\theta\ \sin\theta + K_2 \sin\theta \quad \dots (e)$$

وبشكل آخر :

$$H = D \cdot \tan\theta \quad \dots \quad (f)$$

في سنة 1823 تم تركيب عدسة تحليليه في المنظار والتي جعلت ان تصير كافة القراءات في مركز المنظار . وبذلك الغت ثابت الاضافه K_2 . ان كافة المناظير الحديثه ذات التبوءر الداخلي internal focusing ولو انهاليست تحليليه بالمعنى الدقيق، ولكن يمكن اعتبارها هكذا .

اذن تصبح المعادلتين (d)و (e):

$$D = K_1\ S\ \cos^2\theta \quad \dots \quad (g)$$

$$H = K_1\ S\ \cos\theta\ \ \sin\theta \quad \dots \quad (h)$$

ولكن :

$$\cos\theta\ \ \sin\theta = \tfrac{1}{2} \cdot \sin 2\theta$$

$$\therefore H = \tfrac{1}{2} \cdot K_1\ S\ \sin 2\theta$$

وعندما (K_1= 100) :

$$D = 100\ S\ \cos^2\theta \quad \dots \quad (3-4)$$

$$H = 50\ S\ \sin 2\theta \quad \dots \quad (4-4)$$

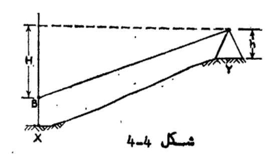
بالرجوع الى الشكل 3-4 ، يتضح بانه اذا عرف منسوب X فان منسوب Y يساوى :

= (X منسوب) + h + H − BY ... (5-4)

ولوكان التسديد من Y الى X فتخطيط بسيط سيفيد ، كما في الشكل 4-4 ، في اثبات ان :

(X منسوب) = (Y منسوب) + h − H − BX ... (6-4)

حيث h هو ارتفاع الجهاز و(BX) هي قراءة منتصف مسطرة المساحه .



شكل 4-4

ليس على الطالب تذكر المعادلتين (4-5) و (4-6) ، وانما يعتمد ، في حالة وجود شك ، على مخطط سريع . لاحظ بان H دائما هي الارتفاع الشاقولي من مركز المحور الافقي الى قراءة منتصف المسطره .

4-1-1 مسح الابعاد بالمسطره مائله Inclined Staff Tacheometry

باستخدام نفس المعدات ، تجهز المسطره بتركيب صغير للنظر ، ليمكن مسكها بوضع عمودي على خط النظر ، انظر الشكل 4-5 :

$$AB = K_1 S + K_2 \;,\; JG = BY \sin\theta$$

$$\therefore \quad D = AJ + JG = AB\cos\theta + BY \cdot \sin\theta$$

$$= K_1 S\cos\theta + K_2\cos\theta + BY\sin\theta$$

سيكون مقدار زاوية الانخفاض ($BY\sin\theta$) سالبا ، وعندما لا يوجد ثابت الاضافه و ($K_1=100$) ، يصبح المقـــدار :

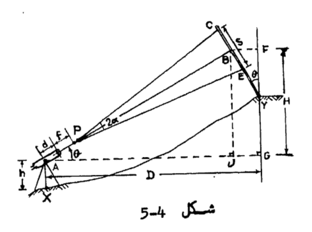
$$D = 100\,S\cos\theta \pm BY\sin\theta \qquad \ldots (4\text{-}7)$$

وبنفس الطريقه :

$$H = AB\sin\theta = K_1 S\sin\theta + K_2\sin\theta$$

وعندما ($K_1=100$) و ($K_2=0$) :

$$H = 100\,S\sin\theta \qquad \ldots (4\text{-}8)$$



شكل 4-5

4-1-2 قياس ثوابت مسح الابعاد Measurement of Tacheometric Constants

ثبت الجهاز على ارض مستويه تقريبا مسددا الى سلسله من الاوتاد مثبتة على مسافات معلومه D من الجهاز . والان باستخدام المعادله : ($D= K_1 S + K_2$) وبتعويض القيم بالنسبة لـ D و S ، يصبح بالامكان حل المعادلات :

(a) آنيا simultaneously بشكل ازواج و يؤخذ المعدل .

(b) كـكل بطريقة اصغر المربعات Least Squares .

فمثلا :

المسافه المقاسه بالامتار	30	60	90	120	150	(قيم D)
حصر المسطره بالامتار	0.301	0.600	0.899	1.202	1.501	(قيم S)

والتي منها $(K_2=0)$ و $(K_1=100)$ باى من الطريقتين اعلاه .

3-1-4 اخطاء في مسك المسطره Errors in Staff Holding

(1) خذ اولا حالة المسطره الشاقوليه والتي معادلتها الاساسيه هي : $D = K_1 \; S \; \cos^2\theta$

ويعبرعن هذه المعادله بشكل افضل : $D = K_1 \; S \; \cos\theta_1 \cos\theta_2$

حيث ان θ_1 هي زاوية الميل (BAF) في الشكل 4-3 . و θ_2 هي الزاويه (C'BC) والتي في حالة وجود خطأ في شاقولية المسطره مقدار $(\delta\theta_2)$ يكون لها نفس المقدار من الخطأ .
وعليه باستخدام نفس الطريقة الاعتياديه لمعالجة الاخطاء الصغيره يفاضل المقدار اعلاه بالنسبة الى θ_2 معطيا : $\delta D = -K_1 \; S \; \cos\theta_1 \sin\theta_2 \cdot \delta\theta_2$

$$\therefore \; \frac{\delta D}{D} = \frac{-K_1 \; S \; \cos\theta_1 \sin\theta_2 \cdot \delta\theta_2}{K_1 \; S \; \cos\theta_1 \cos\theta_2} = -\tan\theta_2 \cdot \delta\theta_2 \quad \ldots(9\text{-}4)$$

باستخدام المعادله اعلاه يمكن المجيء بالجدول التالى بفرض ان θ_2 تساوى تقريبا θ_1 وتساوى زاوية الميل وتساوى θ :

جدول 4-1

θ	$\delta\theta_2 = 10'$	$\delta\theta_2 = 1°$	$\delta\theta_2 = 2°$
3°	1/6670	1/1090	1/550
5°	1/4000	1/650	1/330
10°	1/1960	1/325	1/160
15°	1/1280	1/215	1/110
20°	1/940	1/160	1/80
25°	1/740	1/120	1/60
30°	1/600	1/100	1/50

للمعالجات الاكثر تفصيلا ، يجب على الطلاب الرجوع الى كتاب "تاكيومترى Tacheometry" للكاتب ريموند . ولكن جدول 4-1 بالتاكيد يوضح النقاط التاليه :

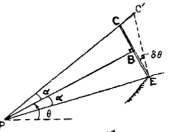
العمود 1 (الثاني من جهة اليسار) يبين انه لو مسكت المسطره شاقوليا قدر الأمكان فان هذا المصدر من الخطأ يمكن اهماله .

العمود 2 يبين بان الدقه تقل بسرعه بازدياد زاوية الميل .

العمود 3 يشير الى انه حينما تستخدم المسطره باهمال فان الدقه تقل بسرعه حتى ولو على ارض مستويه . فمن هذا يتضح بانه يجب ان تثبت فقاعه لكافة مساطر قياس الابعاد و ان تكون الفقاعات هذه تحت الفحص المستمر .

(2) خـــذ الان حالة المسطره المائله والتي معادلتها الاساسيه : $D = K_1 S \cos\theta$

اى خطأفي مسك المسطره عمودية على خط التسديد سوف يسبب زيادة في الحصر على المسطره من S الى $(S.\sec\delta\theta)$ كما موضح في الشكل 6-4 .



شـــكل 6-4

في المثلث (CC'E) وحيث α صغيره ، فان الزاويه (C'CE) تساوى 90° تقريبـــا .

$$\therefore C'E = CE \sec\delta\theta = S \sec\delta\theta$$

اذن فالمسافة الافقيه الخطأ D_e تســاوى : $D_e = K_1 S \sec\delta\theta \cos\theta$

و هكذا فالخطأ بالمسافه مقداره δD يساوى : $\delta D = D_e - D$

$$= K_1 \cos\theta . S (\sec\delta\theta - 1)$$

اذن $(\delta D/D)$ تســـاوى :

$$\delta D/D = \sec\delta\theta - 1 \qquad \ldots (10-4)$$

و باستخدام المعادله اعـــلاه يمكن تنظيم الجـــدول التالي والذى يبـــين بان :

جـــدول 2-4

$\delta\theta$	$\delta D/D$
10	1/238100
1°	1/6560
2°	1/1650
3°	1/730

(a) الخطأ الناتج عن المسك غير الصحيح للمسطره لا يعتمد بتاتا على زاوية الميل .
(b) حتى ان الاخطاء الاجماليه gross errors التي مقدارها 2° يمكن اعتبار ان تاثيرها مهمل

بمقارنة هاتين الطريقتين يتضح بان الطريقه (2) لها كل الافضليات بضمنها المعادله الابسط . مع ذلك فالطريقه (1) هي اكثر استخداما بسبب الاسلوب الابسط في مسك المسطره . و من الواضح بانه حيثما توجد انحدارات قويه كما هي الحاله في المناجم الارضيه والمقالع ، يجب ان تتبع الطريقه (2) .

(a) اهمال في مسك المسطره الذى سبق و نوقش .
(b) خطأ في قراءة حصر الستيديا والذى يضرب مباشرة (K_1=100%) لجعله متميزا . ويزداد هذا المصدر من الخطأ بازدياد طول خط النظر . والحل البديهي هو في تحديد طول خط النظر لضمان قراءة واضحه لتدريجات المسطره .
(c) خطأ في تعيين ثابتي الجهاز K_1 و K_2 والذى يؤدى الى خطأ في المسافه يتناسب طرديا مع الخطأ في الثابت K_1 وكذلك طرديا مع خطأ الثابت K_2.
(d) تاثير اختلاف الانكسارات على حصر الستيديا . وهكذا يمكن تقليله بالحفاظ على جعل اقل قراءة بحدود 1م الى 1.5 م من الارض .
(e) خطأ عرضي random error في قياس الزاويه الشاقوليه ، وان لهذا الخطأ تاثيرا غير ملحوظ على حصر المسطره وبالتالي على المسافة الافقيه .

بالاضافة الى مصادر الخطأ المذكورة اعلاه ، هنالك اخطاء اخرى ناتجه عن اخطاء في الاجهزه ثم الفشل في ازالة ظاهرة اختلاف النظر parallax والاخطاء الطبيعيه التي تسببها الرياح العاليه والوميض الحرارى ... الخ . وان عدم توفر ادلة احصائية يجعل توفير دقة قياسيه امرا صعبا . مع هذا فالمعالجه الاعتياديه للاخطاء الصغيره سوف تعطي بعض الاسس للتقدير .

فبتطبيق معادلة مسح الابعاد بالمسطره الشاقوليه فقط ، كما في الفقره 4-1-1 ، ثم اجراء التفاضل بالنسبة لكل مصدر خطأ على حدا ، بدوره سيعطي :

$$D = K_1 \, S \cos\theta_1 \cos\theta_2$$

$$\delta D = S \cos\theta_1 \cos\theta_2 \cdot \delta K_1$$

$$\therefore \quad \frac{\delta D}{D} = \frac{S \cos\theta_1 \cos\theta_2 \cdot \delta K_1}{S \cos\theta_1 \cos\theta_2 \cdot K_1} = \frac{\delta K_1}{K_1} \quad \ldots (11\text{-}4)$$

بنفس الطريقه ، فان اجراء التفاضل بالنسبة الى S و θ_1 و θ_2 على التوالي يعطي :

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{\delta S}{S}$$

$$\frac{\delta D}{D} = -\tan\theta_1 \cdot \delta\theta_1$$

$$\frac{\delta D}{D} = -\tan\theta_2 \cdot \delta\theta_2$$

فمن نظرية الاخطاء سيعطي مجموع تاثير الاخطاء اعلاه "خطأ قياسيا نسبيا (p.s.e.) proportional standard error" يساوى :

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left((\delta K_1/K_1)^2 + (\delta S/S)^2 + (\tan\theta_1 . \delta\theta_1)^2 + (\tan\theta_2 . \delta\theta_2)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots (12\text{-}4)$$

والان بفرض القيم التاليه : $D = 200$ m., $S = 2.015$ m. , $\theta_1 = \theta_2 = 5°$

$\delta S = \pm (2^2 + 2^2)^{\frac{1}{2}} = \pm 3$ mm. , $\delta K_1/K_1 = 1/1000$,

$\theta_1 = \pm 20''$ (خطأ في الزاويه الشاقوليه)

$\theta_2 = \pm 1°$ (خطأ في مسك المسطره)

$$\therefore \frac{\delta D}{200} = \pm ((0.001)^2 + (0.003/2.015)^2 + (\tan 5° \times 20'')^2 + (\tan 5° \times 1°)^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \pm ((100 \times 10^{-8}) + (225 \times 10^{-8}) + 0 + (234 \times 10^{-8}))^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \delta D = -0.480 \text{ m.} \quad , \quad \delta D/D = 1 : 420$$

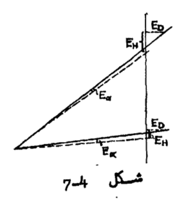
من الواضح بان اكثر مصادر الخطأ تاثيرا هو ناتج عن الاهمال في مسك المسطره ثم خطأ حصر الستيديا . اما الخطأ في الزاويه الشاقوليه فعادة يكون مهملا . فالقراءة الى اقرب 10 ملم تعطي خطأ ، اعلى قيمة له تساوي 5 ملم ومعدل خطأ ($\pm$ 2.5 mm.).

اذن فمعدل الخطأ في قيمة الحصر سوف يكون : $= (2.5^2 + 2.5^2)^{\frac{1}{2}} = \pm 3.5$ mm.

باستخدام هذه القيم يتم الحصول على دقة مقدارها 1 الى 400 ، ولكن هذه الدقه ستقل بسرعه بازدياد المسافه و الارتفاع . تعتبر دقة 1 الى 250 اكثر واقعية لاغلب المهندسين تحت ظروف الحقل الاعتياديه وبالاخذ بنظر الاعتبار بان العمل لا ينجز عادة من قبل اناس متمرسين .

5-1-4 اخطاء في الارتفاعات Errors in Elevations

ان اهم مصادر الخطأ في الارتفاع هي : (a) خطأ في الزوايا الشاقوليه (b) اخطاء اضافيه ناجمه عن اخطاء في المسافة المحسوبه . يبين الشكل 4-7 بوضوح انه في الوقت الذي يكون فيه الخطأ الناتج عن (a) ثابتا تقريبا ، نجد بان الخطأ الناتج عن (b) يزداد بازدياد الارتفاع .



شكل 4-7

$$H = D \tan \theta$$

$$\therefore \delta H = \delta D \tan \theta$$

$$\delta H = D \sec^2 \theta \, \delta\theta$$

$$\therefore \delta H = \pm [(\delta D \tan \theta)^2 + (D \sec^2 \theta \, \delta\theta)^2]^{1/2}$$

$$= \pm [(0.48 \tan 5°)^2 + (200 \sec^2 5° \times 20'' \sin 1'')^2]^{1/2}$$

$$= \pm 0.046 \text{ m}.$$

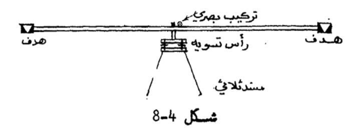
يشير هذه النتيجه الى ان الارتفاعات تتطلب دقة في تسجيلها لاقرب 10 ملم فقط .

ولو انه يمكن الحصول على دقة 1 الى 1000 في اعمال التضليع التي تتم بطريقة قياس الابعاد بتاثير التعويض الذي يحدث في الاخطاء العفويه compensating error ، كذلك بتاثير القياسات المعكوسه للخطوط ، و زيادة عامه بالاعتناء في القياس .

2-4 مسح الابعاد باستخدام الذراع المقابل SUBTENSE TACHEOMETRY

يستخدم في هذه الطريقه ذراع افقي مقابل للمزواة (للثيودولايت) مثبت فيه هدف في كل من نهايتيه المسافة بينهما 2م تماما . واذا كان الذراع يتالف من تركيب حديدي ، عندها توصل العلامتان (الهدفان) بسلك من معدن الانفار Invar Wire بطريقة بحيث يعوض فيها عن التغيرات الناجمه من الاختلاف في درجات الحراره .

يمكن جعل الذراع افقيا بتثبيته على قاعدة مزواة اعتياديه و يجرى توجيهه بحيث يصنع زاوية مقدارها 90° مع اتجاه النظر بواسطة تركيب بصري صغير في منتصفه . (شكل 4-8)



شكل 4-8

1-2-4 اساس العمل Principle of Operation

اساس العمل موضح في الشكل 4-9 ، فيخفض النظر عن الارتفاع ، تقاس الزاويه θ المقابله للذراع في المستوى الافقي بواسطة المزواة . فالمسافة الافقية (TB) هي اذن :

$$D = (b/2) \times \cot\theta/2 \qquad \ldots (13\text{-}4)$$

$$= \cot\theta/2 \qquad (\text{عندما تساوى } b \text{ مترين})$$

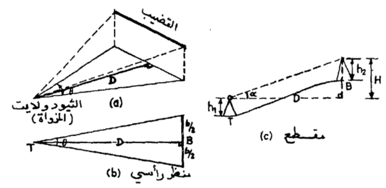
المسافة الشاقوليه :

$$H = D \tan\alpha \qquad \ldots (14\text{-}4)$$

سيكون منسوب B نسبة الى T اذن :

$$(\text{منسوب } B) = (\text{منسوب } T) + h_1 + H - h_2$$

يشيرا الى وجوب معرفة ارتفاعات الاجهزه عند احتساب المناسيب .



مصادر الاخطاء الثلاثة في المسافة D هي :

(a) تغير في طول الذراع المقابل .

(b) خطأ بتوجيه الذراع بزاوية 90° مع اتجاه خط النظر وخطأ في افقيته .

(c) خطأ في قياس الزاوية المقابلة .

ولاجل تبسيط عملية التفاضل بالنسبة لكل متغير ، تصبح المعادلة الاساسية بالشكل التالي :

$$D = (b/2) \quad \cot\theta/2$$

وحيث ان $(\theta/2)$ هي صغيرة جدا : (زوايا قطرية) $\tan\theta/2 = \theta/2$ rad.

وهكذا : $\cot\theta/2 = 2/\theta$ rad.

اذن : $D = (b/2) \times (2/\theta) = b/\theta$

ويمكن اثبات ان الخطأ الناشيء عن هذا التقريب يساوي تقريبا 1 الى $(3D^2)$ ويجب ان لا يستخدم البتة في استخراج اطوال خطوط النظر (فمثلا عندما D تساوى 40 م فان (b/θ) هي مضبوطة لغاية 1 الى 4800 من الدقة .

(a) خطأ في طول الذراع

$$D = b/\theta$$

$$\therefore \quad \delta D = \delta b/\theta \quad , \quad \delta D/D = (\delta b/\theta) \times (\theta/b)$$

وهكذا :

$$\delta D/D = \delta b/b \qquad \ldots (15-4)$$

يدعي المصنعون ، لاذرع مختلفة ، قيمة تساوى 1 الى 100 000 بالنسبة الى $(\delta b/b)$ لتغير في درجة الحرارة مقدار $(20°C)$. وهذا المصدر من الخطأ يمكن اذن اهماله .

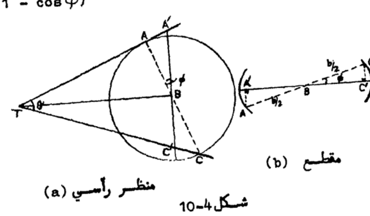
(b) خطأ في نصب الذراع (شكل 4-10)

الفشل في نصب الذراع بزاوية 90° مع خط النظر يؤدى الى انقاص الطول (AC) الى $(A'C' \approx b \cos\phi)$. مع ان عدم ضبط المستوى الشاقولي يشير الى ان $(A'C' \approx b \cos\phi)$. وهكذا فالخطأ بطول الذراع في كلتا الحالتين يساوى :

$$\delta b = b - b \cos\phi$$

اى :

$$\delta b = b(1 - \cos\phi)$$



شكل 4-10

ثم من المعادله 15-4 اعلاه :

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{\delta b}{b} = (1 - \cos\phi)$$

ولكن :

$$\cos\phi = 1 - \phi^2/2! + \phi^4/4! - \dots$$

$$\therefore \quad \delta D/D = \phi^2/2 \quad \dots \quad (16-4)$$

فاذا المقدار $(\delta D/D)$ لا يزيد على (1 الى 20 000) ، عليه :

$$\phi = \left(\frac{2}{20\ 000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1/100 \text{ rad.} \approx 0^\circ\ 34'$$

والتوجيه بهذه الدقه يمكن الحصول عليه بسهوله باستخدام تراكيب بصريه قياسيه . عندها يكون بالامكان اهمال هذا المصدر من الخطأ ايضا .

(٥) خطأ في قياس الزاويه المقابله

$$D = b/\theta \quad , \therefore \quad \delta D = (-b/\theta^2) \times \delta\theta = (-b/\theta) \times (\delta\theta/\theta) = -D \times (\delta\theta/\theta)$$

$$\therefore \quad \frac{\delta D}{D} = \frac{\delta\theta}{\theta} \quad \dots \quad (17-4)$$

باستخدام العلاقة اعلاه ، يمكن استنتاج الجدول التالي ، بفرض طول للذراع يساوي 2 م وخطأ في قياس θ يساوي $(\pm 1'')$.

D m.	20	40	60	80	100
$\delta D/D$	1 in 20 626	1 in 10 313	1 in 6875	1 in 5106	1 in 4125

بذا يوضح بان الدقه تنقص بسرعه بازدياد المسافه . وبتحوير آخر للمعادله اعلاه يمكن اثبات ان الخطأ في D يتغير تبع مربع المسافه :

$$\delta D = -(b/\theta^2) \times \delta\theta$$

ولكن :

$$\theta^2 = b^2/D^2$$

$$\therefore \delta D = (D^2/b) \times \delta\theta \quad \dots \quad (18-4)$$

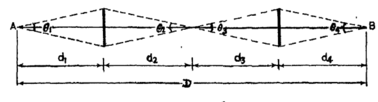
وهكذا فان خطأ مقداره $(\pm 1'')$ ينتج خطأ في مسافه طولها 80 م اربعة اضعاف ما ينتجه في مسافه طولها 40م . وهذا يمكن ايضاحه اكثر بملاحظة الجدول اعلاه حيث ان 40 الى 10 000 تساوي 4 ملم و 80 الى 5 000 تساوي 16 ملم .

وللتوصل الى خطأ قياسي نسبي (p.s.e.) مقداره (1/10000) يجب ان تحدد المسافه ب 40 م وعندها تتوفر دقة مقدارها $(\pm 1'')$ في قياس الزاويه ، وهذا يكون ممكنا فقط بجهاز مزواة يقرأ (10").

بعد التحليل الاحصائي لعدة قياسات مقابله اخذت تحت ظروف متغيره ، يقترح رج .بيرد عددا ادنى للزوايا المقابله وهو 8 قياسات ، وحيث ستستخدم مزواة تقرأ "1 ، فليس اذن هناك داع لتغيير الوجه بين القراءات للتخلص من اخطاء الجهاز ، حيث ان لنهايتي الذراع نفس الارتفاع . مع ذلك ، وللتخلص من اخطاء التدريجات في الجهاز يجب ملاحظة هذه التدريجات في مناطق مختلفه على الدائره الافقيه للجهاز .

4-2-2 القياسات المتكرره Serial Measurements

لزيادة مدى الجهاز وبنفس الوقت الحصول على دقة معقوله ، بالامكان اتباع طريقة القياسات المتكرره (شكل 4-11) . فالخطأ في المقطع الجزئي d ، من المعادلة (4-18) هو : $\delta d = (d^2/b) \times \delta\theta$



شكل 4-11

الخطأ القياسي في المسافة الكليه (من نظرية الاخطاء) هو :

$$\delta D_n = \left((\delta d_1)^2 + (\delta d_2)^2 + (\delta d_3)^2 + \dots + (\delta d_n)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

فلو فرضنا ان : $d_1 = d_2 = d_n \quad , \quad \theta_1 = \theta_2 = \theta_n$

عـندها يكون : $\delta D_n = \delta d \cdot n^{\frac{1}{2}} = \dfrac{d^2 \cdot \delta\theta \cdot n^{\frac{1}{2}}}{b}$

والان : $D = n \cdot d$

$$\therefore \quad d^2 = D^2/n^2$$

والتي اذا عوضت اعلاه تعطي :

$$\delta D_n = \frac{D^2 \cdot \delta\theta \cdot n^{\frac{1}{2}}}{b \cdot n^2} = \frac{D^2 \cdot \delta\theta}{b \cdot (n^3)^{\frac{1}{2}}} \quad \dots (4\text{-}19)$$

ولكن من المعادلة (4-18) :

$$\delta D = (D^2/b) \times \delta\theta$$

$$\therefore \delta D_n = \delta D/(n^3)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (4\text{-}20)$$

بتقسيم الخط الى جزئين فقط ، (n=2) ، وبفرض خطأ قياسي مقداره ("1±) ، يمكن ايجاد اكبر مسافه عندها يمكن المحافظه على دقه مقدارها 1 الى 10 000 ، وذلك بجعل المعادله (4-19) بالشكل التالي :

$$\frac{\delta D_n}{D} = \frac{D \cdot \delta\theta}{b \cdot (n^3)^{\frac{1}{2}}}$$

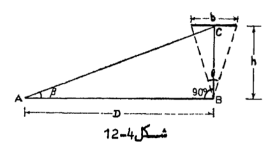
لاحظ بان الزوايا الصغيره في المعادله ($\delta\theta$) يجب ان تكون زوايا قطريه دائما ، وهكذا :

$$\frac{1}{10\ 000} = \frac{D \times 1''}{2 \times (2^3)^{\frac{1}{2}} \times 206265} \quad , \quad \therefore \quad D = 117 \text{ m.}$$

4-2-3 قياس القاعده المساعده (شكل 4-12) Auxiliary Base Measurement

تصبح القياسات المتكرره بعد قياسين غير اقتصادية ويجب ان تتبع طريقة القاعده المساعده للمسافات التي تزيد على 117 م . فاذا كانت المسافه المطلوبه هي (AB) والقاعده المساعده هي (BC) المنشأة بزاويه مقدارها °90 مع (AB) وتقاس بتثبيت القضيب المقابل في نقطة C . فبقياس الزاويه β عند النقطه A يمكن ايجاد (AB) من :

$$AB = D = h \cdot \cot\beta$$



شـكل 4-12

يساعد التحليل غير المطول التالي للاخطاء على احتساب افضل قيمة للمسافات h و D .

$$h \approx b/\theta \quad , \quad D \approx h/\beta \approx b/\theta\beta$$

وباجراء التفاضل بالنسبة الى θ و β على التوالي :

$$\delta D = -(b/\theta^2\beta) \times \delta\theta \quad , \quad \delta D = \mp (b/\theta\beta^2) \times \delta\beta$$

$$\therefore \quad \delta D = \pm \left(\frac{b^2}{\theta^4\beta^2} \cdot \delta\theta^2 + \frac{b^2}{\theta^2\beta^4} \cdot \delta\beta^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \pm \frac{b}{\theta\beta}\left(\left(\frac{\delta\theta}{\theta}\right)^2 + \left(\frac{\delta\beta}{\beta}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \pm D\left(\left(\frac{\delta\theta}{\theta}\right)^2 + \left(\frac{\delta\beta}{\beta}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

من المنطقي ان نفرض بان الخطأ القياسي النسبي (pse) لكل زاويه سيكون متماثلا ، وهكذا :

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left(2\left(\frac{\delta\theta}{\theta}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots \quad (21\text{-}4)$$

او :

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left(2\left(\frac{\delta\beta}{\beta}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots \quad (22\text{-}4)$$

والان لما كانت $(\theta \approx b/h)$ و $(\beta \approx h/D)$ ، يمكن كتابة المعادلتين (4-21) (4-22) على النحو التالي :

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left(\frac{2h^2 \cdot \delta\theta^2}{b^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \pm \frac{h \cdot \delta\theta}{b} (2)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots. \quad (23\text{-}4)$$

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \frac{D \cdot \delta\beta}{h} (2)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots. \quad (24.4)$$

وافرض للمرة الثانيه ، بان الدقة المطلوبه هي 1 الى 10 000 والخطأ القياسي ("1±) ، وباستخدام قضيب طوله 2 م :

$$\frac{1}{10\ 000} = \frac{h}{2 \times 206265} (2)^{\frac{1}{2}}$$

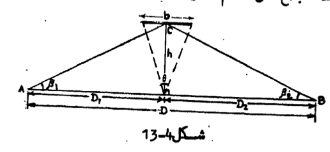
ومن ذلك ينتج بان h يساوى 29 م

والان باستخدام المعلومات اعلاه : التي منها :

$$\frac{1}{10\ 000} = \frac{D}{29 \times 206265} (2)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 425 \text{ m.}$$

واخيرا سيكون هناك خطأ في تعيين الزاويه 90 عند النقطه B . وحيث يمكن الاثبات بان هذا المصدر من الخطأ يتناسب مع ظل التمام cotangent فانه يساوى صفرا اذا كانت الزاويه °90 .



شـكل 4-13

اضافة الى ما هو مذكور اعلاه ، بالامكان زيادة الطول D وذلك بجعل القاعده المساعده في الوسط كما هو مبين في الشكل 4-13 ، عليه :

$$D = D_1 + D_2 = \frac{b}{\theta \beta_1} + \frac{b}{\theta \beta_2}$$

كما مبين سابقا .

$$D = (b/\theta) \times (1/\beta_1 + 1/\beta_2)$$

والتي عند اجراء التفاضل عليها بالنسبة لـ θ و β_1 و β_2 تعطي :

$$\delta D = (-b/\theta^2) \times (1/\beta_1 + 1/\beta_2)\ \delta\theta \quad ,$$

$$\delta D = -(b \cdot \delta\beta_1 / \theta\beta_1^2) \quad , \quad \delta D = -(b \cdot \delta\beta_2 / \theta\beta_2^2)$$

$$\therefore\ \delta D = \pm \left(\frac{b^2}{\theta^4}\left(\frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\beta_2}\right)^2 \cdot \delta\theta^2 + \frac{b^2 \cdot \beta_1^2}{\theta^2 \cdot \beta_1^4} + \frac{b^2 \cdot \delta\beta_2^2}{\theta^2 \cdot \beta_2^4}\right)^{\frac{1}{2}}$$

من المنطقي ان نفرض بان الاخطاء الزاويه تكون متساوية دائما

$$\therefore\ \delta D = \pm \left(\frac{b^2 \cdot 2^2 \cdot \delta\theta^2}{\theta^6} + \frac{b^2 \cdot \delta\theta^2}{\theta^6} + \frac{b^2 \cdot \delta\theta^2}{\theta^6}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\delta D = \frac{b \cdot \delta\theta}{\theta^3} (6)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ (25-4)$$

و يمكن كتابة المعادلة (4-25) بالشكل التالي :

$$(b/\theta^2) \cdot (\delta\theta/\theta) \cdot (4 \times 3/2)^{\frac{1}{2}} = (2b/\theta^2) \cdot (\delta\theta/\theta) \cdot (3/2)^{\frac{1}{2}}$$

و لو فرضنا الان ان :

$$D_1 \approx D_2 \quad , \quad D = 2b/\theta\beta = 2b/\theta^2$$

عليه :

$$\delta D = D \cdot \frac{\delta\theta}{\theta} \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

وحيث ان ($\theta = b/h$) :

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{\delta\theta \cdot h}{b} \left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ (26-4)$$

باستخدام المعادله اعلاه وجعل ($\frac{\delta D}{D}$) تساوي 1 الى 10 000 ، كما وان ($\delta\theta$) تساوي ($\pm 1''$) فان :

$$h = 34\ m.$$

و بنفس الطريقه من المعادله (4-25) ، اي :

$$\delta D = \frac{b \cdot \delta\theta}{\theta^3} (6)^{\frac{1}{2}}$$

وحيث ان ($D = \frac{2b}{\theta^2}$) فان :

$$\theta^3 = \left(\frac{2b}{D}\right)^{3/2}$$

والتي عند التعويض تعطي :

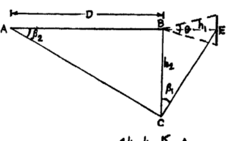
$$\delta D = \frac{b \cdot \delta\theta \cdot 6^{\frac{1}{2}} \cdot D^{3/2}}{(8\ b^3)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\therefore\ \frac{\delta D}{D} = \frac{b \cdot \delta\theta \cdot 6^{\frac{1}{2}} \cdot D^{\frac{1}{2}}}{(8\ b^3)^{\frac{1}{2}}}$$

و بتعويض نفس القيم كما في اعلاه :

$$\frac{1}{10\ 000} = \frac{2 \times 1'' \times 6^{\frac{1}{2}} \cdot D^{\frac{1}{2}}}{(8 \times 2^3)^{\frac{1}{2}} \times 206265}$$

$$\therefore\ D = \left(\frac{8 \times 206265}{20\ 000 \times 6^{\frac{1}{2}}}\right)^2 = 1132\ m.$$

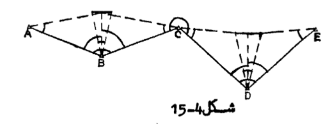


شـكل 4-14

ان هذه الطرق الاساسيه في ايجاد الاخطاء الصغيره يمكن ان تستخدم لبناء طرق مختلفه تضمن نفس الدقه ولكنها تزيد من المسافة المقاسه . فالشكل 4-14 مثلا يبين طريقة تمكن من قياس مسافة مقدارها D تساوي 400 3 م بدقة مقدارها 1 الى 10 000 بشـرط ان :

$$h_1 = 25\ m.\ ,\ h_2 = 280\ m.\ ,\ \delta\theta = +1''$$

ان هذه الوسائل المختلفه يمكن استخدامها في اعمال التضليع باستخدام ثلاثة معدات بركائز ، ولرصد مسافة 400 م مثلا ، يمكن ان تكون الطريقه كما مبينه في الشكل 4-15 .



شـكل 4-15

4-3 معدات اخرى للقياس البصري للمسافه

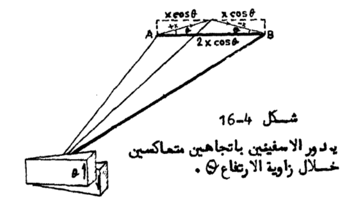
بالاضافة الى محتويات مصادر الامتحان الرئيسيه آنفة الذكر ، على الطالب ان يكون مطلعا على المعدات التاليه ، فهي مذكورة باختصار ويمكن الحصول على معلومات اكثر عنها من الكتب المقرره الاكثر حداثة .

1. مبعاد ذو القراءة المباشره Direct Reading Tacheometer ، للاستخدام مع مساطر شاقوليه ، وبدل شعرتي الستيديا هناك منحنيي الدالتين ($\cos^2\theta$) و ($\sin\theta\cos\theta$) . وهكذا لاجل ايجاد المسافه الافقيه ، يضرب حصر الستيديا S بـ 100 للحصول على ($D = 100\ S\ \cos^2\theta$) . اما في حالة ايجاد الارتفاع الشاقولي فيتغير ثابت الضرب بتغير زاوية الارتفاع . الدقة في هذه الاجهزه لا تزيد على دقة المزواة الاعتياديه ، ولكن كمية الحسابات تكون جدا قليله .

2. اسفين قياس المسافه Distance Measuring Wedge ، وهو اسفين زجـاجي عديم اللون تم صقله بدقة ليعكس اشعة الضوء بمقدار يساوي 1 الى 100 من المسافة المائله بين الجهاز والمسطره ، حيث يجرى تثبيته بالنهاية الشيئيه للمزواة مع ثقل موازن عند العدسه العينيه . وهو يستخدم مع مسطرة افقيه مقسمة خصيصا لقياس مسافات الى حد 150 م وبدقة (1 الى 5000) الى (1 الى 7500) .

فيغطي الاسفين الجزء الوسطي فقط من العدسه الشيئيه و هكذا تشاهد المسطره الافقيه مباشرة من خلال الاجزاء غير المغطاة من العدسه بينما يمكن مشاهدة الصوره المعكوسه من خلال الاسفين . تجرى قراءة الانحراف مباشرة من المسطره حيث ان المسافه المائله هي لاقرب 0.1م ، و باستخدام مايكروميتر متوازي الصفائح parallel plate micrometer يتم الحصول على تثبيت ادق للحصول على قراءة لاقرب 0.01 م .

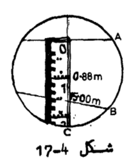
3. مبعاد مع مسطره افقيه Horizontal Staff Tacheometer ، يستخدم كامتداد لفكرة الاسفين لايجاد المسافه الافقيه بين الجهاز والمسطره . و في هذه الحاله يستخدم اسفينين عديمي اللون يصقل كل منهما ليعكس اشعة من الضوء مقدارها 1 الى 200 من المسافه المائله . فعندما يكون الاسفينين معا يكون المنظار افقيا و مقدار الانحراف 1 الى 100 ، اما عندما يدور المنظار بزاوية شاقوليه مقدارها θ مثلا ، يتحرك الاسفينين باتجاهين متعاكسين و بنفس الزاويه ، فتنقص محصلة متجه الازاحه بنسبة(cos θ)، وعليه يمكن ان تقرأ المسافة الافقيه مباشرة من مسطرة افقيه خاصه .



شكل 4-16
يدور الاسفينين باتجاهين متعاكسين خلال زاوية الارتفاع θ .

يبين الشكل 4-16 بان (AB) هي الازاحه المساويه للمسافة الافقيه المطلوبه . يدعى بان دقة مقدارها 1 الى 10 000 تتوفر بهذه الاجهزه ، حيث ان اطول خط نظر لهذا اجهزه هو 250 م .

4. مبعاد مع مسطره شاقوليه Vertical Staff Tacheometer ، كما انتج من قبل شركة كيرن Kern وسمي (KernDK-RV) . للجهاز ميدان نظر متحرك الذي يتحرك مع ميلان المنظار ويتم السيطره على مقدار الحركه بواسطة تركيب ميكانيكي يتالف من حدبه و تروس . فالمبعاد يستخدم مع مسطرة شاقوليه مدرجه تدريجا خاصا معطيا المسافات الافقيه بدقة 1 الى 5000 ولمديات تصل الى 150 م . يبين الشكل 4-17 جزءا من المسطره الخاصه وكما تشاهد من خلال الجهاز .



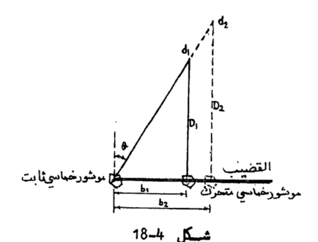
شكل 4-17

بتدوير المنظار في المستوى الشاقولي ، يجرى تنظيم الشعره الافقيه A لتقاطع نهاية الصفر في المسطره ، ثم يستمر تدوير الجهاز الى ان تقطع الشعره المائله B نقطة دائرية صغيرة على المقياس الايسر . والجهاز الان يقرأ كما يلي :

الشـــعرة	B	15.00 م
الشـــعرة	C	0.88 م
المسافة الافقيه		15.88 م

5- جهاز زايز Zeiss BR T006 ، و هو نوع متطور من جهاز التيليتوب Teletop المعروف

ومبدأ اشتغاله موضح في الشكل 4-18 باستخدام زاوية تغيير parallactic angle ثابته وقاعده متغيره على طول القضيب ، فيجرى استخراج المسافه D بتزحيف الموشور المتحرك على طول القضيب حتى تتطبق صورتي d_1 ، عـندها تقرأ المسافه المائله و/ او الافقيه من القضيب . اما مقدار الخطأ القياسي فانه يتناسب طرديا مع المسافة المقاسه . المدى الاعتيادي للجهاز محدد بحوالي 60 م والدقه (1 الى 1600) وباستخدام اهداف خاصه يمكن زيادة المدى الى 180 م . هذا الجهاز مثالي للمسوحات التفصيليه في المدن المزدحمه و يستخدم جنبا الى جنب مع لوحة الترسيم plotting table . وتفيد توصيلة كارتي Karti في عمل ترسيما مباشرا شبه تلقائي semi-automatic للنقاط وبدقة مقدارها ($\pm$0.1) ملم .



شكل 4-18

6. مباعيد الكترونيه Electronic Tacheometer ، تستخدم هذه الاجهزه بصورة عامه نظام مبرمج لقياس القراءات التي تسجل مباشرة على شريط ورقي او فلم 35 ملم ، وفي حالة استخدام الفلم يثبت الفلم في جهاز تفسير و يجرى تحويله الى شريط مثقب جاهزا لادخاله في الحاسبه الالكترونيه ، وهذه الحاسبه تثبت بجهاز رسم الكتروني co-ordinatograph الذي يقوم برسم المخطط الكنتوري النهـــائي .

فعلى سبيل المثال يتالف المبعاد (Reg Elta 14) ذو التسجيل الالكتروني من صنع زايز ، يتالف من جهاز الكتروني لقياس المسافات الصغيره (SM-11) مركب عـلى مزواة . اما نظام التسجيل فهو عبارة عن ثاقبة شريط خفيفه متصله بسلك الى قاعدة الجهاز ، وباستخدام شريط ورقي ذو غـلاف بلاستيكي يمكّن الجهاز من الاشتغال حتى في حالات الرطوبة العاليه . و بالامكان سحب الى حـد 600 تصوير في نصبة واحده للجهاز عـند استخدام 35 ملم فلم .

يدقق بان هذه الطرق تعطي توفيرا الى حد(50%) ، وبنفس الوقت تتحذف اخطاء القراءات والتسجيل والحسابات . مع ذلك فالكلفة النهائيه للجهاز الذي يشمل الحاسبه الالكترونيه وجهاز الرسم الالكتروني وجهاز تفسير الصور photointerpreter عالية جدا .

امثله محلوله

مثال 1 ، خذ مسافة 500 م . الى اي درجة من الدقه يمكن ان تقاس اذا استخدم قضيب طوله 2 م . وبفرض ان الخطأ القياسي (p.s.e) في الزاويه المقابله يساوي ($\pm 1''$) .

الحل ،

$$\theta = 2/500 \text{ rad.} = 0.004 \times 206\ 265$$
$$= 825''$$

والان كما ان :

$$\delta\theta/\theta = \delta D/D = 1/825 \quad (606 \text{ ملم})$$

مثال 2 ، اذا طلبت المسافه اعلاه بدقة 1 الى 1000 ، فالى اية دقه يجب ان تقاس الزاويه المقابله ؟

الحل ،

$$1/1000 = \delta\theta'' / 825''$$
$$\therefore \delta\theta'' = 825/1000 = \pm 0.8''$$

مثال 3 ، اذا قسمت المسافه اعلاه الى مسافتين متساويتين ، فاي دقة يمكن ان تتوقع اذا استخدمت نفس اجهزة القياس ؟

الحل ،

$$\delta D_2 = \delta D / n^{3/2}$$

حيث من المثال الاول ،

$$\delta D = 606 \text{ mm.}, \quad n=2$$
$$\therefore \delta D_2 = 606/8^{\frac{1}{2}} = 214 \text{ mm.}$$

اي 214 ملم في مسافة 500 م . او 1 الى 2338

مثال 4 ، الى كم جزء يمكن ان تقسم المسافة اعلاه لاجل زيادة الدقه الى 1 الى 10 000 ؟

الحل ،

$$\delta D_n = \frac{500 \text{ m.}}{10\ 000} = 50 \text{ mm.}$$
$$\therefore 50 = 606 / n^{3/2}$$

منها ينتج بان n تساوي 5.3 جزء .

مثال 5 ، لما كان استخدام خمس تقسيمات غير اقتصاديا ، فكم يكون طول القاعده الثانويه التي تعطي الدقة المطلوبه ؟ .

الحل ،

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{D \cdot \delta\beta}{h} \cdot 2^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{10\ 000} = \frac{500 \times 1'' \times 2^{\frac{1}{2}}}{206\ 265 \times h}$$

منها ينتج ان طول القاعده الثانويه h يساوى 34 م .

مثال 6 ، مزواة فيها ثابت المسافه يساوى 100 و ثابت الاضافه يساوى صفر .
كانت القراءة الوسطيه على مسطره شاقوليه وضعت على نقطة B تساوى 2.292 م عندما رصدت من نقطة A . فاذا كانت الزاويه الشاقوليه تساوى (+25°) والمسافه الافقيه (AB) تساوى 190.326 م .
احسب القراءات الاخرى للمسطره و هكذا بين بان الحصرين على المسطره هما غير متساويين ،
وباستخدام هذه القيم اوجد منسوب نقطة B اذا علمت ان منسوب نقطة A يساوى 37.950 م
وارتفاع الجهاز 1.35 م . (جامعة لندن)

الحل ، من المعادله الاساسيه (3-4) ؛

$$CD = 100\ S.\cos^2\theta$$

$$190.326 = 100\ S\ \cos^2 25^\circ$$

$$\therefore \quad S = 2.316\ m.$$

من الشكل 4-19 ؛

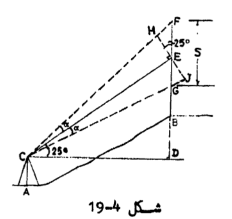
$$HJ = S.\cos 25^\circ = 2.100\ m.$$

والمسافة المائلة (CE) ؛

$$CE = CD\ \sec 25^\circ = 210\ m.$$

$$\therefore \quad 2\alpha = (\ 2.1/210\ )\ rad. = 0^\circ\ 34'\ 23''$$

$$\therefore \quad \alpha = 0^\circ\ 17'\ 11''$$



شكل 4-19

والان بالرجوع الى الشكل 4-19 ؛

$DG = CD \tan (25^\circ - \alpha) = 87.594$ | 1.155 m.
$DE = CD \tan 25^\circ = 88.749$ | 1.161 m.
$DF = CD \tan (25^\circ + \alpha) = 89.910$

يمكن الاستدلال بان فترات الستيديا هي :

$GE = S_1 = 1.155$
$EF = S_2 = 1.161$ $= 2.316m.$ (يحقق)

من هذا يكون بديهيا ان :

القراءة العليا upper reading: $= 2.292 + 1.161 = 3.453$

القراءة السفلى lower reading: $= 2.292 - 1.155 = 1.137$

فالارتفاع الشاقولي (DE) يساوي :

$DE = H = CD \tan 25^\circ$
$= 88.749$ (كما في اعلاه)

اذن منسوب B :

$= 37.950 + 1.35 + 88.749 - 2.292$
$= 125.757$ m.

مثال 7 : اخذت القراءات التالية بمزواة ذات الثابتين 100 و صفر . من النقطه A الى B و الى C . وقد قيست المسافه (BC) وكانت 157م . فبفرض ان الارض مستويه ضمن المثلث (ABC) ، احسب حجم الردميات المطلوب لجعل المساحه مستويه و بمنسوب يساوي منسوب اعلى نقطه . و بفرض ان الجوانب تستند على جدران كونكريتيه سانده ، علما بان ارتفاع الجهاز يساوي 1.40م وان المسطره مسكت شاقوليا . (جامعة لندن)

الحل :

في	الى	قراءات المسطره (m)	الزاويه الشاقوليه
A	B	1·48, 2·73, 3·98	+7° 36′
	C	2·08, 2·82, 3·56	−5° 24′

المسافة الافقيه (AB) :

$= 100 \times S \cos^2\theta$
$= 100 \times 2.50 \cos^2 7^\circ 36' = 246$ m.

المسافة الشاقوليه (AB) :

$= 246 \tan 7^\circ 36' = +32.8$ m.

كذلك :

المسافة الافقيه (AC) :

$= 148 \cos^2 5^\circ 24' = 147$ m.

المسافة الشاقوليه (AC) :

$= 147 \tan 5^\circ 24' = -13.9$ m.

مساحة المثلث (ABC) :

$= (s(s-a)(s-b)(s-c))^{\frac{1}{2}}$

حيث ان s تساوي :

$s = \frac{1}{2} (a + b + c)$
$= \frac{1}{2} (157 + 246 + 147) = 275$ m.

اذن مساحة المثلث (ABC) تساوي :

$= (275 (275-157)(275-147)(275-246))^{\frac{1}{2}}$
$= 10\ 975\ m^2$

افرض ان منسوب نقطة A يساوي 100.00 م ، اذن منسوب نقطة B يساوي :

$= 100 + 1.40 + 32.8 - 2.73 = 131.47$ m.

عليه فمنسوب نقطة C يساوي :

$= 100 + 1.40 - 13.9 - 2.82 = 84.68$ m.

اذن عمق الردم عـند نقطة A يساوى 31.47 م
وعمق الردم عند نقطة C يســـاوى 46.79 م

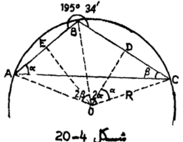
حجم الردم = المساحة الافقيه × معـــدل الارتفاع
فحجم الردم اذن يساوى : $= 10\ 975 \times \frac{1}{3}\ (31.47 + 46.79)$
$= 286\ 300\ m^3$

مثال 8 ، لاجل ايجاد نصف قطر قوس طريق ، اختيرت النقاط A و B و C على خط وسط الطريق فقد ثبت الجهاز في نقطة B واخذت القراءات التاليه على A و C ، حيث كان المنظار افقيا والمسطره شاقوليه .

المسطرة في	الاتجاه الزاوي الأفقي		قراءات الستيديا		
A	0°	00′	1.617	1.209	0.801
C	195°	34′	2.412	1.926	1.440

فاذا كان ثابتي الجهاز 100 وصفر ، اوجد نصف قطر القوس الدائرى (A,B,C) . اذا كان ارتفاع المحور الافقي للمنظار 1.54 م فوق مستوى الطريق في نقطة B ، اوجد ميل كل من (AB) و (BC) .
(جامعة لندن)

الحل ، ملاحظه : لما كانت تدريجات المزواة باتجاه عقرب الساعه فان الزاويه (ABC) كما مبينه في الشكل 4-20 تساوى 195° 34′ .



شـكل 4-20

العلاقات الموجوده بين الزوايا والمبينه في الشكل مستخرجه من هندسة الزوايا المركزيه كونها ضعف الزوايا المحيطيه . اذن فالمطلوب ايجاد الزاويتـين (BAC) و (BCA) اى α و β على التوالي .

من معادلة التسديدات الافقيه : $D = K_1 S + K_2$

$AB = 81.6\ m.\quad ,\quad BC = 97.2\ m.$

بفرض ان اتجاه (AB) هو صفر ، فان اتجاه (BC) يساوى 15° 34′ لمسافة 97.2 م .
اذن فمركبات احداثيات C :

$= 97.2\ \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\ 15^{\circ}\ 34' = +\ 26.08\ \Delta E\ ,\quad +\ 93.63\ \Delta N$

اذن مجموع احداثيات C بالنسبة الى A :

$$E = 26.08 \quad , \quad N = 81.6 + 93.63 = 175.23$$

فالاتجاه الزاوي لـ (AC):

$$= \tan^{-1} \frac{26.08 \quad E}{175.23 \quad N} = 8^\circ\ 28'$$

$$\therefore \ \alpha = 8^\circ\ 28' \ , \ \beta = 15^\circ\ 34' - 8^\circ\ 28' = 7^\circ\ 06'$$

في المثلث (DCO):

$$R = 48.6/\sin 8^\circ\ 28' = 330 \text{ m.}$$

فالاقواس (AB), (BC):

$$\overset{\frown}{AB} = R \times 2\beta \ \text{rad.} = 330 \times 14^\circ\ 12' \text{rad.} = 81.78 \text{m.}$$

$$\overset{\frown}{BC} = R \times 2\beta \ \text{rad.} = 330 \times 16^\circ\ 56' \text{rad.} = 97.53 \text{m.}$$

الميل (AB): $= ((1.54-1.209)=0.331) : 81.78 = 1:250$ (انحدار من A الى B)

الميل (BC): $= ((1.926-1.54)=0.386) : 97.53 = 1:250$ (انحدار من B الى C)

طريقة اخرى لايجاد الزوايا α و β كانت تكون باستخدام القانون :

$$\tan \frac{(A-C)}{2} = \frac{(a-c)}{(a+c)} \times \tan \frac{(A+C)}{2}$$

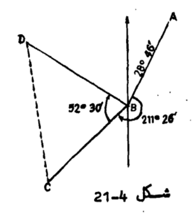
مع هذا فاستخدام الاحداثيات يتضمن حسابات اقل و يغني عن حفظ القانون في هذه الحاله ، وهذه تظهر بشكل واضح في السؤال التالي حيث يكون القانون اعلاه وقانون الجيوب ضروريين لايجاد (CD) .

مثال 9 ، اخذت القراءات التاليه من محطة B الى المحطات A و C و D بواسطة المزواة .

التوجيه	الزاويه الافقيه	الزاويه الشاقوليه	قراءات الستيديا (m) فوق	وسط	اسفل
A	301° 10′				
C	152° 36′	−5° 00′	1.044	2.283	3.522
D	205° 06′	+2° 30′	0.645	2.376	4.110

الاتجاه الزاوي للخط (BA) هو 46′ °28 وثابتي الجهاز هما 100 وصفر . اوجد ميل الخط (CD) واتجاهه الزاوي . (جامعة لندن)

الحل ، راجع الشكل 4-21 .



شكل 4-21

المسافه (BC) : $= 100 \cdot S \cdot \cos^2\theta = 247.8 \cos^2(5^\circ 00') = 246.0$ m.

الارتفاع (BC) : $= 246 \tan(5^\circ 00') = -21.51$ m.

المسافه (BD) : $= 346.5 \cos^2(2^\circ 30') = 345.9$ m.

الارتفاع (BD) : $= 345.9 \tan(2^\circ 30') = 15.10$ m.

اتجاه (BC) الزاوى : $= 28^\circ 46' + 211^\circ 26' = 240^\circ 12'$

اتجاه (BD) الزاوى : $= 240^\circ 12' + 52^\circ 30' = 292^\circ 42'$

اذن فاحداثيات C هي : $= 246 \begin{matrix} \sin \\ \cos \end{matrix} 240^\circ 12'$

$\triangle E = -213.5 \quad , \quad \triangle N = -122.2$

واحداثيات D هي : $= 345.9 \begin{matrix} \sin \\ \cos \end{matrix} 292^\circ 42'$

$\triangle E = -319.2 \quad , \quad \triangle N = +133.5$

اذن احداثيات C بالنسبة الى D هي : $E = -105.7 \quad , \quad N = +255.7$

اذن فاتجاه (CD) الزاوى : $= \tan^{-1}(-105.7/+255.7) = 327^\circ 32'$

طول (CD) : $= 255.7/\cos 22^\circ 28' = 276.75$ m.

فالفرق بين منسوبي C و D : $= -(21.51+2.283)-(15.10-2.376)$

$= 36.52$ m.

اذن ميل (CD) يساوى 36.52 م الى 276.75 م ، اى 1 الى 7.6 صاعدا .

مثال 10 ، صف المزايا الرئيسيه في قضيب التقابل subtense bar وبين كيفية استعماله في ايجاد المسافه بعملية قياس واحده .

بالسماح بخطأ مقداره "01 في قياس الزاويه ، احسب الدقه مبتدئا بالمبادئ الاساسيه في قياس مسافة طولها 60 م عند استخدام قضيب طوله 2 م . بين كيف تتغير دقة كذا قياس بتغير المسافه . واذكر الطريقة التي بواسطتها يمكن الحصول على اعلى دقة لو اتبعت قياسات الابعاد بمعدات التقابل في ايجاد المسافه بين نقطتين واقعتين على ضفتين متقابلتين من نهر عرضه 180 م .

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

الحل ، لاجابة الجزء الاول من السؤال ، راجع الفقره 4-2 .

زاوية التقابل "θ تساوى : $\theta'' = \frac{2 \times 206\ 265}{60} = 6876''$

اذن الدقه هي 1 الى 6876 .

حول تغير الخطأ بتغير المسافه ، راجع المعادله رقم 4-18 . ولمعرفة اعلى دقه يمكن الحصول عليها ، تتبع طريقة القاعده المساعده Auxiliary Base Method فقره 4-2-3 .

مثال 11 ، اذكر باختصار الاجهزه المطلوبه لقياسات التقابل معطيا وصفا قصيرا لقضيب التقابل .
اية دقه يمكن ان تتوقع في قياس طول خط بهذه الطريقه ؟
المعلومات التاليه تعود الى قياس تقابل بين محطتين :
طول قضيب التقابل (مثبت افقيا) يساوي 2 م بخطأ قياسي مقداره 0.1 ملم .
الزوايا المقابله لنهايتي القضيب (من المزواة) هي : "15 '32 0 و ("10) و ("12) و ("18) و ("16) و ("14)
بخطأ قياسي مقداره "4 في كل قيمه .
قراءات الدائرة العموديه فوق الافق كانت : "20 '10 °12 و ("18) و ("25) و ("21) و ("21) و ("17) بخطأ
قياسي مقداره "4 في كل قراءه ، حيث ان الارقام داخل الاقواس هي عدد الثواني المحرزه بخمسة
قراءات متكرره مع بقاء الزوايا والدقائق ثابته ، وكان الخطأ القياسي في افقية مؤشر الدائره العموديه "6 .
اوجد : (a) المسافه الافقيه بين محور الجهاز و وسط قضيب التقابل .
(b) الفرق بالمنسوب بين هاتين النقطتين ، ثم
(c) الخطأ القياسي بفرق المنسوب المحتسب في (b) . (جامعة لندن)

الحل :

(a) معدل الزوايا الافقيه هو $0°32'14.2''$.

$$\therefore\ D = \frac{b}{2}\cot\theta/2 = \cot 0°16'07.1'' = 213.28\ m.$$

(b) معدل الزوايا الشاقوليه هو $12°10'20''$.

$$\therefore\ H = D\tan\alpha = 213.28\tan(12°10'20'')$$
$$= 46.00\ m.$$

(c) الخطأ القياسي في طول القضيب (b) يساوي (δb) ويساوي (± 0.1) ملم .
الخطأ القياسي بالزاويه (θ) يساوي ($\delta\theta$) ويساوي ($1.6'' \pm = \pm 4''/(6)^{\frac{1}{2}}$) .
الخطأ القياسي في قراءة الزاويه الشاقوليه (α) يساوي ($\delta\alpha$) ويساوي $\pm 1.6''$ كما في اعلاه .
من المنطقي ان نفرض بان الزوايا الشاقوليه تقاس على كل من وجهي الجهاز ، وهكذا سوف ينحذف
الخطأ في مؤشر الدائره الشاقوليه البالغ "6 .
والان باجراء المفاضله differentiating للمعادله ($H=D\tan\alpha$) بالنسبة لكل متغير فيها
فانها ستعطي :

$$\delta H = \delta D\tan\alpha \quad , \quad \delta H = D\sec^2\alpha \cdot \delta\alpha$$
$$\therefore\ \delta H = \pm(\tan^2\alpha \cdot \delta D^2 + D^2\sec^4\alpha \cdot \delta\alpha^2)^{\frac{1}{2}}$$

ولكن (δD) هي كمية مجهولة وهي اول من يتوجب ايجادها وكما يلي :

$$D = b/\theta \quad , \quad \therefore\ \delta D = \delta b/\theta$$

ولكن :

$$1/\theta = D/b$$
$$\therefore\ \delta D = D \cdot \delta b/b \quad , \quad \delta D = (-b/\theta^2) \cdot \delta\theta$$

ولكن :

$$D^2 = b^2/\theta^2$$
$$\therefore\ \delta D = D^2 \cdot \delta\theta/b$$
$$\delta D = \pm\left(\frac{D^2 \cdot \delta b^2}{b^2} + \frac{D^4 \cdot \delta\theta^2}{b^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \pm\frac{D}{b}(\delta b^2 + D^2 \cdot \delta\theta^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore\ \delta D = \pm \frac{213}{2} \left(0.0001^2 + \frac{213^2 \times 1.6^2}{206\ 265^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \pm 0.18\ m.$$

$$\therefore\ \delta H = \pm \left(\tan^2(12^\circ 10' 20'') \times 0.18^2 + \frac{213^2 \sec^4(12^\circ 10' 20'') \times 1.6^2}{206\ 265} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \pm 0.04\ m.$$

ملاحظات للطالب

(a) يجب تغيير كافة الزوايا الصغيره في حسابات الاخطاء ($\delta\alpha, \delta\theta$) الى زوايا قطريه radians .

(b) ليس من الضروري ان تؤخذ الكميات الداخله باية دقة كبيره حيث ان نسبة الاخطاء الى الكميات المقاسه هي صغيرة جدا .

(c) للطلبه غير المتضلعين في نظرية الاخطاء ، فان الخطأ القياسي في الزوايا يستخرج كما يلي :

فعندما تكون θ الوسط الحسابي لستة قياسات : $\theta = (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6)/6$

فكل من هذه القياسات تكون متأثرة بخطأ مقداره (e) يساوي ($\pm 4''$) .

$$\therefore\ \theta \pm e = \left[(\theta_1 \pm e_1) + (\theta_2 \pm e_2) + (\theta_3 \pm e_3) + (\theta_4 \pm e_4) + (\theta_5 \pm e_5) + (\theta_6 \pm e_6)\right]/6$$

بالطرح ينتج :

$$\pm e = (\pm e_1 \pm e_2 \pm e_3 \pm e_4 \pm e_5 \pm e_6)/6$$

وبفرض ان :

$$e_1 = e_2 = e_3 = e_4 = e_5 = e_6 = e_s$$

$$\therefore\ e^2 = 6 \cdot e_s^2 / 6^2 \quad , \quad \therefore\ e = \pm (e_s^2/6)^{\frac{1}{2}} = \pm e_s/n^{\frac{1}{2}}$$

تمارين

(1) لاجل مسح طريق كائن ، اختيرت ثلاثة نقاط A و B و C على خط وسطه ، وثبت الجهاز في نقطة A واخذت القراءات التاليه :

المسطره	الزاويه الافقيه	الزاويه الشاقوليه	قراءات الستيديا (متر)
B	0° 00′	−1° 11′ 20″	1·695, 1·230, 0·765
C	6° 29′	−1° 04′ 20″	2·340, 1·500, 0·660

لو كانت المسطره شاقوليه وثابتي الجهاز 100 وصفر ، احسب نصف قطر القوس (ABC) . فاذا كان الجهاز على من نقطة A بمقدار 1.353م . اوجد مقدار الانخفاض من A الى B ومن B الى C .

(جامعة لندن)

الجواب : نصف القطر 337.8م ، A الى B 1.806م ، B الى C 1.482م) .

2) اخذت قراءات على مسطرة شاقوليه مسكت على النقاط A و B و C بمعاد ثابتيه يساويان 100 وصفر . لو كانت المسافه الافقيه من الجهاز الى المسطره 45.9م و 63.6 م و 89.4 م على التوالي والزوايا شاقوليه (+5°) و (+6°) و (-5°) . اوجد مقدار الحصر على المسطره . فاذا كانت قراءة الشعره الوسطيه 2.10 م في كل حالة ، ما مقدار الفرق بالارتفاع بين النقاط A و B و C ؟ (جامعة لندن) .

الجواب : حصر المسطره في A (0.462) وفي B (0.642) وفي C (0.900) ، B هي 2.6 م اعلى من A ، C هي 11.835 م اوطأ من A) .

(3) ثابت الضرب في مزواة يساوي 100 والثابت الجمعي صفر ، وعندما نصبت على ارتفاع 1.35 م فوق المحطه B اخذت القراءات التاليه :

المحطه	التوجيه	الدائره الافقيــه	الدائره العموديه	قراءات الستيديا (متر)
B	A	28° 21′ 00″		
B	C	82° 03′ 00″	20° 30′	1.140, 2.292 3.420

علما بان احداثيات A هي 163.86 E و 0.00 N واحداثيات B هي 163.86E و 118.41 N .
اوجد احداثيات النقطه C وارتفاعها فوق خط الاسناد ، اذا كانت B بارتفاع 27.30 م فوق خط الاسناد لمصلحة المساحه (a.o.d.) . (جامعة لندن)

(الجواب : 2.64 E , 0.00 N و 101.15 م فوق خط الاسناد المساحي)

(4) (a) اخذت القراءات التاليه لقضيب تقابل subtense bar طوله 2 م مثبت على ارتفاع 1.372 م فوق سطح الارض :

معدل الزوايا الافقيه 0° 20′ 30″

معدل الزوايا الشاقوليه + 5° 20′ 00″

اوجد : (1) المسافه الافقيه بين الجهاز والقضيب .

(2) منسوب محطة القضيب ، اذا ثبتت المزواة على ارتفاع 1.524 م فوق محطة ارضية منسوبها 56.58 م فوق خط الاسناد المساحي .

(b) اذا كان الخطأ القياسي في قياس الزاويه الافقيه بين نهايتي القضيب يساوي (±1″) ، ما هو الخطأ الجزئي في المسافة اعلاه ؟ .

باستخدام نفس المعدات ، الى كم جزء يمكن ان تقسم المسافه للحصول على دقة اعلى مقدار لها يساوي 1 الى 500 .

(الجواب : المسافة D تساوي 335.40 م ، 88.04 م a.o.d. ، 1 الى 1230 ، ثلاثة اجزاء) .

الفصل الخامس

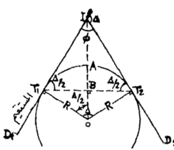
المنحنيات CURVES

يكون انشاء المنحنيات ، في التصاميم الهندسيه للطرق الخارجيه والسكك الحديديه وخطوط الانابيب . الخ ، جانبا مهما من حياة المهندس، وبناء على ذلك ــ بدون شك ــ توضع الاسئله الامتحانيه . ويمكن ان تدرج المنحنيات تحت ثلاثة عناوين رئيسيه هي :

(1) المنحنيات الدائريه Circular Curves
(2) المنحنيات الانتقاليه Transition Curves
(3) المنحنيات الشاقوليه Vertical Curves

1-5 المنحنيات الدائريه CIRCULAR CURVES

المستقيمان (D_1T_1) و (D_2T_2) موصولان بمنحني دائري نصف قطره R ، شكل 1-5 :



شكل 1-5

(a) عند مد المستقيمان فانهما يلتقيان في I نقطة التقاطع Intersection Point .

(b) تسمى الزاويه Δ في I زاوية التقاطع او زاوية الانعكاس وتساوي الزاويه (T_1OT_2) المقابله في مركز المنحني O .

(c) تسمى الزاويه φ في I زاوية الرأس Apex Angle ولكنها نادرا ما تستخدم في حسابات المنحنيات .

(d) يبدأ المنحني من T_1 وينتهي في T_2 وتسمى هاتان النقطتان نقطتا التماس Tangent Points .

(e) المسافتان (T_1I)، (T_2I) هما طولا المماسين وتساويان $(R \tan\Delta/2)$.

(f) يحتسب طول المنحني (T_1AT_2) من : طول المنحني = نصف القطر × Δ .
حيث تقاس Δ بالزوايا القطريه .

(g) تسمى المسافة (T_1T_2) الوتر الرئيس (C) Main Chord .
ومن الشكل :

$$\sin\Delta/2 = \frac{T_1B}{T_1O} = \frac{\frac{1}{2} \times (\text{الوتر } C)}{R} \quad , \quad \therefore \quad C = 2R\sin(\Delta/2)$$

(h) تسمى (IA) المسافة الرأسيه Apex Distance وتساوي :

$$IO - R = R \sec(\Delta/2) - R = R\ (1 - \sec(\Delta/2))$$

(i) (AB) هو الارتفاع الوسطي و يساوى :

$$R - OB = R - R\cos(\Delta/2)$$

$$\therefore\ AB = R\ (1 - \cos(\Delta/2))$$

يجب استنتاج هذه القوانين من الشكل المنحني (شكل 5-1) ، وليس من الضرورى ان يعتمد على الذاكره .

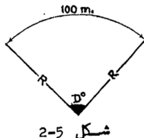
5-1-1 تسميات المنحني Curve Designations

تسمى (او تعرف) المنحنيات اما بنصف قطرها R او بدرجة انحنائها D° بحيث تعّرف درجة الانحناء بانها الزاويه المقابله لقوس طوله 100 م في مركز الدائره (شكل 5-2) .

وهكذا :

$$R = \frac{100\ m.}{D\ rad.} = \frac{100 \times 180}{D^\circ \times \pi}$$

$$\therefore\ R \approx \frac{5730\ m.}{D^\circ} \qquad \ldots \quad (1-5)$$



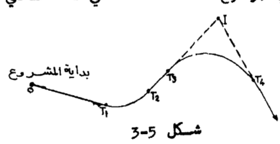
شكل 5-2

5-1-2 طول المسار الافقي Through Chainage

هي المسافة الافقيه من ابتداء المشروع الانشائي . فمثلا في الشكل 5-3 ، اذا كانت المسافة المقاسه من 0 الى T_3 هي 2115.50 م فيقال بان طول المسار الافقي chainage في T_3 هو 2115.50 م . فلو تقرر انشاء القوس (T_3T_4) باستخدام اوتار طولها 10 م فان اول وتر سيكون شبه وتر sub-chord قيمته 4.5 م . وبهذه الطريقه فان طول المسار عند نهاية شبه الوتر سوف يكون بالارقام المدوره ، اى :

$$2115.50 + 4.50 = 2120\ m.$$

غالبا ما تعطي الاسئله طول المسار عند I وتتطلب طولي المسارين عند T_3 و T_4 . فطول المسار عند T_3 يحتسب بطرح طول المماس (IT_3) من طول المسار عند I ، بينما يحتسب طول المسار عند T_4 بجمع طول القوس الى طول المسار الذى تم ايجاده مؤخرا عند T_3 ، وهذا امر معقول طالما ان المنحني هو الطريق قيد التنفيذ وان النقطه I هي مجرد موقع مستحدث للمساعده في انشاء المنحني .



شكل 5-3

5-1-3 انشاء منحني باستخدام مزواة وشريط مساحه

الطريقه التاليه هي اكثر الطرق اتباعا في انشاء المنحنيات وتسمى طريقة الانحراف لرانكون او طريقة زاوية التماس، والتسميه الاخيره هي اكثر دقة . في الشكل 5-4 يتم انشاء المنحني بواسطة سلسله من الاوتار (T_1X) و (XY) ...الخ ، وهكذا يثبت الوتد 1 في X . بالتوجيه الى I والمزواة تقرأ صفرا ، وبتدويره بزاوية δ_1 وقياس طول الوتر (T_1X) على طول هذا الخط . ثم بجعل الجهاز يقرأ زاوية الانحراف الثانيه سيعطي الاتجاه (T_1Y)، ويثبت الوتد 2 بقياس طول الوتر (XY) من X حتى الالتقاء في Y، وهكذا تتكرر العمليه . فالزاويه يجرى تعيينها من (T_1I) والاوتار تقاس من المحطه السابقه . وهكذا من الضروري التمكن من احتساب زوايا الانشاء δ كما يلي :

افرض ان (OA) ينصف الوتر (T_1X) ويتعامد عليه ، اذن : $A\,T_1O = 90° - \delta_1$

ولكن : $I\,T_1O = 90°$

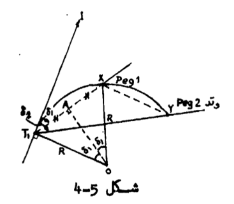
$\therefore\ I\,T_1A = \delta_1$

بواسطة الزوايا القطريه ، فان طول القوس (T_1X) يساوي ($R.2\delta_1$) .

$$\therefore\ \delta_1\ \text{rad.} = \frac{\text{القوس}\ (T_1X)}{2R} \approx \frac{\text{الوتر}\ (T_1X)}{2R}$$

$$\therefore\ \delta_1' = \frac{(\text{الوتر}\ (T_1X)) \times 180° \times 60}{2R\ .\ \pi}$$

$$\therefore\ \delta_1' = 1718.9 \times \frac{\text{الوتر}}{R} \qquad \ldots\ (2-5)$$



شكل 5-4

والان سيجرى حل مثال لتوضيح هذه القوانين :

مثال ، جعل امتداد خطي الوسط لمستقيمين يلتقيان في I ، وحيث كانت زاوية الانحراف "00'00°30 فاذا اريد ايصال المستقيمين بمنحني دائري نصف قطره 200 م . رتب كافة المعلومات اللازمه للانشاء بفرض طول وتر مقداره 20م علما بان طول المسار chainage عند I هو 2259.59 م .

الحل ، طول المماس : $= R \tan \Delta/2 = 200 \tan 15°$

$= 53.59$ m.

اذن طول المسار عند T_1 : $= 2259.59 - 53.59 = 2206.00$ m.

اذن اول شبه وتر يساوى 14 م .

طول القوس الدائرى : $= R \cdot \Delta = 200 \times (30°)$ rad.

$= 104.72$ m.

ومن هذا يمكن استخراج عدد الاوتار .

اى ، اول شبه وتر يساوى : 14 م

كل من ثاني وثالث ورابع وخامس وتر يساوى : 20 م

شبه الوتر الاخير يساوى : 10.72 م

المجموع : 104.72 م (يحقق)

اذن طول المسار عند T_2 $= 2206.00 + 104.72 = 2310.72$ m.

زوايا الانحراف :

لاول شبه وتر : $= 1718.9 \times (14/200) = 120.3' = 2°00'19''$

للوتر النموذجي : $= 1718.9 \times (20/200) = 171.9' = 2°51'53''$

لشبه الوتر الاخير : $= 1718.9 \times (10.72/200) = 92.1' = 1°32'08''$

رقم الوتر	طول الوتر	طول المسار	زاوية الانحراف	زاوية الانشاء	ملاحظات
n°	m.	m.	° ' "	° ' "	
1	14	2220.00	2 00 19	2 00 19	وتد 1
2	20	2240.00	2 51 53	4 52 12	وتد 2
3	20	2260.00	2 51 53	7 44 05	وتد 3
4	20	2280.00	2 51 53	10 35 58	وتد 4
5	20	2300.00	2 51 53	13 27 51	وتد 5
6	10.72	2310.72	1 32 08	14 59 59	وتد 6

تحقق

مجموع زوايا الانحراف : $= \Delta/2 = 14°59'59''$

$\approx 15°00'00''$

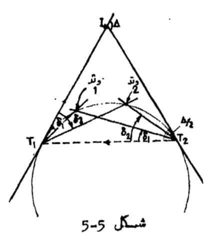
الخطأ في ذلك والبالغ ثانية واحده هو بسبب تقريب الزوايا الى اقرب ثانيه ، وهذا الخطأ عادة يهمل .

5-1-4 انشاء منحني باستخدام مزواتين

حيث يكون قياس الوتر بالشريط غير ممكنا ، عندها يمكن انشاء المنحني باستخدام مزواتين في T_1 و T_2 على التوالي ، فتقاطع خطا النظر يعطي مواقع اوتاد المنحني .

بالامكان شرح الطريقه بالرجوع الى الشكل 5-5 .

عين زوايا الانحراف من (T_1I) بالطريقة الاعتياديه ، ثم عين نفس الزوايا من T_2 من الوتر الرئيس (T_2T_1) ، تقاطع الزوايا المترافقه يعطي موقع الوتد . في حالة عدم امكانية روئية T_1 من T_2 ، سدد الى I ثم قس الزوايا ذات العلاقه ($\Delta/2-\delta_1$) و ($\Delta/2-\delta_2$) و ... الخ .



شكل 5-5

5-1-5 انشاء منحني باستخدام شريطين (طريقة الازاحات الجانبيه العموديه)

ان هذه الطريقه دقيقة نظريا ، ولكن في الواقع هناك اخطاء في القياسات تنتشر حول المنحنى ، وعليه فانها عموما تستخدم للمنحنيات الثانويه . في الشكل 5-6 ، الخط (OE) ينصف الوتر (T_1A) بزاويه قائمه ، وعليه فان :

$$E\hat{T}_1O = 90^\circ - \delta$$

$$\therefore \quad C\hat{T}_1A = \delta$$

فالمثلثان (CT_1A) و (ET_1O) متشابهان ، وعليه :

$$\frac{CA}{T_1A} = \frac{T_1E}{T_1O} \quad , \quad \therefore \quad CA = \frac{T_1E}{T_1O} \times T_1A$$

اى ان الازاحة الجانبية (CA) :

$$CA = \frac{\frac{1}{2} \times (\text{الوتر}) \times (\text{الوتر})}{(\text{نصف القطر})} = \frac{(\text{الوتر})^2}{2R} \quad \ldots \quad (4\text{-}5)$$

من الشكل 5-6 وعلى فرض ان (T_1A) يساوي (AB) ويساوي (AD) ، فان : $D\hat{A}B = 2\delta$

والازاحة الجانبية العموديه (DB) تساوى :

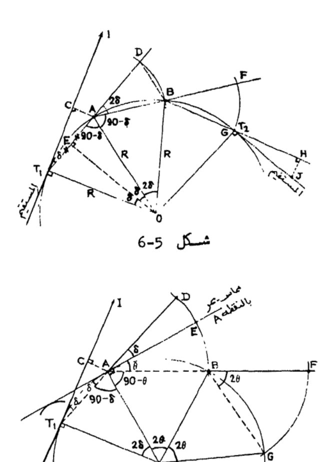
$$DB = 2 . CA = \frac{(\text{الوتر})^2}{R} \quad \ldots \quad (5\text{-}5)$$

اما الازاحات الجانبيه حول المنحني وحتى T_2 فانها كلها تساوى (DB) . بينما اذا تطلب الامر فان الازاحة الجانبيه العموديه (HJ) لتثبيت خط الاستقامه من T_2 يساوى (CA) .

تكون طريقة انشاء المنحني كما يلي :

يكفي تقريب المسافة (T_1C) الى طول الوتر (T_1A) . قس هذه المسافه على طول المماس لتثبيت C . ومن C وبواسطة ازاحة جانبيه قائمة الزاويه (CA) يثبت اول وتد في A . ومد (T_1A) الى D ، بعدها يثبت الوتد B بتحريك (AD) مسافة الازاحه (DB) .

ان ما جاء اعلاه يفرض اوتارا متساوية ، ولكن عندما يكون اول واخر وتر شبهي وترين يجب ملاحظة ما يلي :



شـكل 5-6

شـكل 5-7

5-1-6 انشاء منحني بواسطة الازاحات الجانبية العموديه عندما تستخدم اشباه الاوتار

في الشكل 5-7 ، افرض ان (T_1A) هو شبه وتر طوله x ، فمن 4-5 طول الازاحه الجانبيه العموديه (CA) يساوى :

$$CA = O_1 = x^2/2R$$

وحيث ان الوتر الاعتيادى (AB) يختلف بالطول عن (T_1A) فان الزاويه المقابله في المركز ستساوى (2θ) وليس (2δ). وهكذا وكما مبيىن في الشكل 5-6 فان الأزاحه (DB) سوف لا تساوى (2CA) في هذه الحاله .

انشيء مماس يمر بالنقطه A ، فمن الواضح من الشكل ان زاوية (E A B) تساوى θ ، واذا كان الوتر (AB) يساوى y فان الازاحه (EB) تساوى :

$$EB = y^2/2R$$

الزاويه (D A E) تساوى δ ، وعليه فان الازاحه (DE) ستكون متناسبه طرديا مع طول الوتر ، وهكذا :

$$DE = (O_1/x) \times y = (x^2/2R) \times (y/x) = xy/2R$$

وهكذا فالازاحة الكليه (DB) :

$$DB = DE + EB = \frac{y}{2R}(x + y) \quad \ldots (6\text{-}5)$$

اى ان :

$$DB = \frac{(\text{الوتر})}{2R}\left((\text{الوتر}) + (\text{شبه الوتر})\right)$$

وهكذا بعد تثبيت B تحتسب بقية الازاحات حتى T_2 على انها تساوى (y^2/R) وتنشأ بالطريقة الاعتياديه .
اما اذا كان الوتر الاخير هو شبه وتر طوله x_1 ، فالازاحه ستساوى :

$$= \frac{x_1}{2R} (x_1 + y) \quad \cdots \quad (7-5)$$

يجب على الطلبه ملاحظة الاختلاف عن المعادله (6-5) .

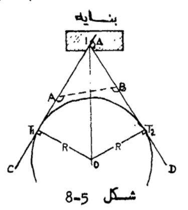
هنالك حلا اكثر عمليا لهذه المسأله وهو بتعيين المماس من نقطة A في الحقل ، وهذا يتم بانشاء منحني نصف قطره يساوى (CA) ، اى $(x^2/2R)$ من T_1 . فالخط المماس للمنحني والذى يمر بالوتد A سوف يكون هو المماس المطلوب الذى منه يمكن انشاء الازاحه (EB) ، اى $(y^2/2R)$.
هذه اذن هي الطريقه الرئيسيه في انشاء المنحنيات ، كذلك هي الاكثر احتمالا لتكون مطلوبة للاغراض الامتحانيه .

5-1-7 انشاء منحني عندما تكون نقطة التقاطع منيعه

في الشكل 5-8 ، مطلوب تثبيت النقطتين T_1 و T_2 وايجاد الزاويه Δ عندما تكون I منيعة .
مد الخطوط على استقامتها الى الامام قدر الامكان ، وعين عليهما النقطتين A و B . قس المسافة (AB) والزاويتين (BAC) و (DBA) وعليه :

$$I\hat{A}B = 180° - B\hat{A}C$$
$$I\hat{B}A = 180° - D\hat{B}A$$

التي منها تستخرج الزاويتين (B I A) و Δ . والان يصبح بالامكان حل المثلث (AIB) لاستخراج طولي (IA) و (IB) ، وعند طرح هذين الطولين من طولي المماسين المحتسبين $(R\tan\Delta/2)$ ينتج (AT_1) و (BT_2) الذان يقاسان على الجزء المستقيم ليعطيان الموقعين T_1 و T_2 على التوالي .

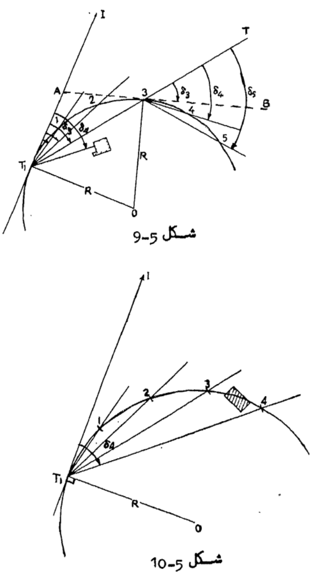


شكل 5-8

5-1-8 انشاء منحني عندما تنتقل المزواة الى نقطة وسطيه على مسار المنحني

ربما يكون ضروريا للاستمرار في مد المنحني ان يتم ذلك من نقطة عليه بسبب عائق ما على استقامة خط النظر (شكل 5-9) او بسبب اتصالات او رؤية صعبه على المنحنيات الطويله .

فافرض ان زاوية الانشاء لتعيين الوتد 4 هي محجوبة ، وهكذا ينقل الجهاز الى الوتد 3 وترصد خلفا النقطة T_1 بالمزواة تقرأ صفرا . ثم يقلب المنظار ليعطي الاتجاه (3-T) عندها تؤخذ زاوية الانشاء δ_4 لتعيين الوتد 4 ويتم قياس الوتر من 3 . والان يجرى انشاء ما تبقى من المنحني بالطريقة الاعتياديه . اى تؤخذ δ_5 بواسطة المزواة وتقاس مسافة الوتر من 4 الى 5 .



شكل 5-9

شكل 5-10

يمكن اثبات هذه الطريقه بسهوله بانشاء مماس يمر بالوتد 3 ، وعليه :

$$A\hat{3}T_1 = A\hat{T}_1 3 = \delta_3 = T\hat{3}B$$

فلو ان الوتد 4 كان قد عين بالانحراف عن هذا المماس بالزاويه δ ، فالزاويه المطلوبه من (3T) ستكون :

$$\delta_3 + \delta = \delta_4$$

5-1-9 انشاء منحني عندما يكون عليه موانعا اوعوارض (شكل 5-10)

هذه الحاله يمنع العارض الموجود على المنحني قياس الوتر من 3 الى 4 . وعندئذ ، اما :

a) ينشأ المنحني من T_2 الى العارض او

b) ينشأ الوتر ($T_1 4$) مساويا لـ ($2R \sin \delta_4$) .

5-1-10 امرار منحني بنقطة معلومه (شكل 5-11)

المطلوب ايجاد نصف قطر المنحني الذى يمر بالنقطه P ، والتي موقعها محدد بالمسافه(IP)التي تصنع زاوية ϕ مع المماس .

خذ المثلث (IPO) :

(في المثلث القائم الزاويه ($I\,T_2O$))

$$\hat{\beta} = 90° - \Delta/2 - \phi$$

بتطبيق قانون الجيوب :

$$\sin\alpha = (IO/PO)\sin\beta$$

ولكن :

$$IO = R\sec\Delta/2$$

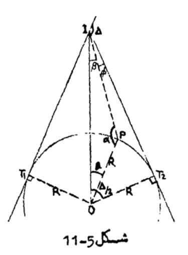
$$\therefore \quad \sin\alpha = \sin\beta \cdot \frac{R \cdot \sec\Delta/2}{R} = \sin\beta \cdot \sec\Delta/2$$

ثم ان :

$$\theta = 180° - \alpha - \beta$$

ثم بتطبيق قانون الجيوب :

$$R = IP \cdot \frac{\sin\beta}{\sin\theta}$$



شكل 5-11

5-1-11 المنحنيات المركبه والمعكوسه (شكل 5-12 و 5-13)

ولو ان قوانين حل المنحنيات المركبـه والمعكوسه متوفرة لكنه من الصعب تذكرها ، وعلى الطلاب معالجة السؤال كانه قوسين بسيطين بنقطة تماس مشتركه t .

في حالة المنحني المركب (شكل 5-12) تحتسب الاطوال الكليه للمماسين (T_1I) و (T_2I) كما يلي :

$$R_1 \times \tan \Delta_1/2 = T_1t_1 = t_1t$$

كـــــذلك :
$$R_2 \times \tan \Delta_2/2 = T_2t_2 = t_2t$$

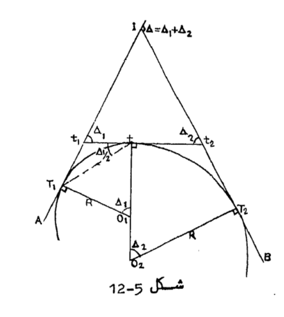
وحيث :
$$t_1t_2 = t_1t + t_2t$$

فانه بالامكان حل المثلث ($t_1 I t_2$) لايجاد الطولين (t_1I) و (t_2I) و الذان اذا اضيفا الى الطولين المعلومين (T_1t_1) و (T_2t_2) على التوالي سيعطيان طولي المماسين الكليـــين .

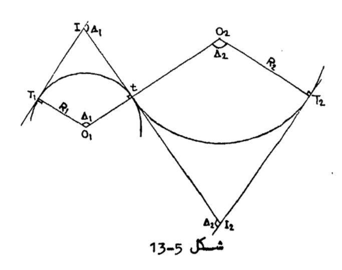
في انشاء هذا المنحـــني ، يتم انشاء المنحني الاول R_1 بالطريقة الاعتياديه الى النقطة t ، ثم تنقل المزواة الى t و ترصد النقطه T_1 خلفا ، حيث تقرأ الدائره الافقيه في الجهاز الزاويه $(360° - \Delta_1/2)$.

وجه الجهاز بحيث يقرأ صفرا ، فانه سيتوجه الى t_1. اقلب المنظار فانه سيتوجه الى الاتجاه المطلوب t_2 .

و هكذا فالجهاز الان موجه و يقرأ صفرا قبل البدء بانشاء المنحني R_2 .



شـكل 5-12



شـكل 5-13

امثله محلوله

مثال 1 ، كان طول المماس لمنحني بسيط 202.12 م و زاوية الانحراف لوتر طوله 30 م هي $2°18'$.
اوجد نصف القطر و زاوية الانحراف الكليه وطول المنحني و زاوية الانحراف النهائيه . (جامعة لندن) .

الحل

$$2°18' = 138' = 1718.9 \times \frac{30}{R}$$

$$\therefore \quad R = 373.67 \text{ m.}$$

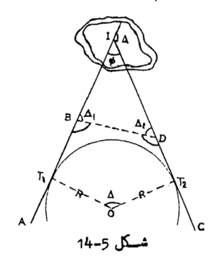
$$202.12 = R \tan\Delta/2 = 373.67 \tan\Delta/2$$

$$\therefore \quad \Delta = 56°49'06''$$

طول المنحـــــــــني : $= R \times$ (Δ زوايا قطريه) $= 373.67 \times 0.991\,667$
$= 370.56$ m.

باستخدام وتر يساوي 30 م فان شبه الوتر النهائي يســاوي 10.56 م .
اذن زاوية الانحراف النهائيه : $= \dfrac{138' \times 10.56}{30} = 48.58' = 0°48'35''$

مثال 2 ، الخطان المستقيمان (ABI) و (CDI) هما مماسان لمنحني دائري مزمع انشاؤه ذو نصف قطر طوله 1600 م . حيث ان طول كل من (AB) و (CD) يساوي 1200 م . ثم ان نقطة التقاطع لا يمكن الوصول اليها حيث لا يمكن قياس زاوية الانحراف بشكل مباشر ، اما الزاويتان في كل من B و D فقد قيستا كالتالي :
$A\hat{B}D = 123°48'$, $B\hat{D}C = 126°12'$
و الطول (BD) يســاوي 1485.00 م .
اوجد المسافتين من A و C لنقطتي التماس على مستقيميهما ، ثم اوجد زوايا الانحراف لانشاء اوتار طولها 30 م من احدى نقطتي التماس . (جامعة لندن)



شكل 5-14

الحل ، رجــوعا الى الشكل 5-14 :

$$\Delta_1 = 180° - 123°48' = 56°12'$$

$$\Delta_2 = 180° - 126°12' = 53°48'$$

$$\therefore \quad \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = 110°00'$$

$$\phi = 180° - \Delta = 70°00'$$

طولا المماسين (IT_1) و (IT_2) يساويان $(R.\tan\Delta/2)$ وتساوى :

$$= 1600 \tan 55°00'$$
$$= 2285.00 \text{ m.}$$

وبطريقة قانون الجيوب بالنسبة للمثلث (BID):

$$BI = \frac{BD \cdot \sin \Delta_2}{\sin \phi} = \frac{1485.00 \times \sin 53°48'}{\sin 70°00'} = 1275.20 \text{ m.}$$

$$ID = \frac{BD \cdot \sin \Delta_1}{\sin \phi} = \frac{1485.00 \times \sin 56°12'}{\sin 70°00'} = 1314.00 \text{ m.}$$

وهكذا :

$$AI = AB + BI = 1200 + 1275.2 = 2475.20 \text{ m.}$$
$$CI = CD + ID = 1200 + 1314.0 = 2514.00 \text{ m.}$$
$$\therefore AT_1 = AI - IT_1 = 2475.20 - 2285.00 = 190.20 \text{ m.}$$
$$CT_2 = CI - IT_2 = 2514.00 - 2285.00 = 229.00 \text{ m.}$$

زاوية الانحراف لوتر طوله 30م تساوى :

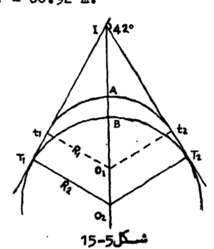
$$= 1718.9 \times \frac{30}{1600} = 32.23' = 0°32'14''$$

مثال 3 ، منحني دائري نصف قطره 800 م . انشيء ليوصل مستقيمين بزاوية انحراف تساوى 42° . وقد تقرر لاسباب انشائية ان تنتقل نقطة وسط المنحني مسافة 4م باتجاه المركز ، اى تبتعد عن نقطة التقاطع ، على ان تبقى استقامة المستقيمين ثابته . اوجد :

a) نصف قطر المنحني الجديد .
b) المسافتين بين نقطة التقاطع ونقطتي التماس الجديدتين .
c) زوايا الانحراف المطلوبة لانشاء اوتار بطول 30 م للمنحني الجديد .
d) طول شبه الوتر الاخير . (جامعة لندن)

الحل ، بالرجوع الى الشكل 5-15 :

$$AI = R_1 \cdot (\sec\Delta/2 - 1) = 800(\sec 21° - 1)$$
$$= 56.92 \text{ m.}$$
$$\therefore IB = IA + 4 \text{ m.} = 60.92 \text{ m.}$$



شكل 5-15

(a) وهكذا :

$60.92 = R_2 . (\sec 21° - 1)$

ومنها :

$R_2 = 856$ m.

(b) طول المماس (IT_1) :

$IT_1 = R_2 \tan \Delta/2$

$= 856 \tan 21° = 328.6$ m.

(c) زاوية الانحراف لوتر طوله 30 م :

$= 1718.9 \times C/R$

$= 1718.9 \times 30/856 = 1°00'14''$

(d) طول المنحـــني :

$= R . (\Delta$ زوايا قطريه$) = \dfrac{856 \times 42° \times 3600}{206\ 265} = 627.50$ m.

وعليه فان طول شبه الوتر الاخير يساوي 27.50 م .

مثال 4 ، المطلوب انشاء خط وسط سكة حديد على طول وادي، حيث ان الاتجاه الزاوي لاول مستقيم (AI) يساوي °75 ، بينما الاتجاه الزاوي للمستقيم الموصل (IB) يساوي °120 . ولاسباب موقعية تقرر ايصال المستقيمين بمنحني مركب . يبدأ المنحني الاول ذو نصف القطر 500م بالنقطة T_1 التي تقع على بعد 300 م من I على طول المستقيم (AI) ثم ينحرف بزاوية °25 قبل اتصاله بالمنحني الثاني . اوجد نصف قطر المنحني الثاني ، والمسافه بين نقطة التماس T_2 و I على المستقيم (B) .

الحل ، بالرجوع الى الشكل 5-12 :

$\Delta = 45° , \quad \Delta_1 = 25° , \therefore \Delta_2 = 20°$

طول المماس (T_1t_1) :

$T_1t_1 = R_1 . \tan \Delta_1/2$
$= 500 \tan 12°30' = 110.80$ m.

في المثلث $(t_1I\ t_2)$ ، زاوية $(t_2I\ t_1)$ تساوي :

$t_2I\ t_1 = 180° - \Delta = 135°$

والطول (It_1) يساوي :

$It_1 = T_1I - T_1t_1 = 300 - 110.8 = 189.20$ m.

بواسطة قانون الجيوب

$t_1t_2 = \dfrac{It_1 . \sin t_2It_1}{\sin \Delta_2} = \dfrac{189.20 \sin 135°}{\sin 20} = 391.20$ m.

$I\ t_2 = \dfrac{It_1 . \sin \Delta_1}{\sin \Delta_2} = \dfrac{189.20 \sin 25°}{\sin 20°} = 233.80$ m.

$\therefore t\ t_2 = t_1t_2 - T_1t_1 = 391.20 - 110.80 = 280.40$ m.

$\therefore 280.40 = R_2 . \tan \Delta_2/2 = R_2 . \tan 10°$

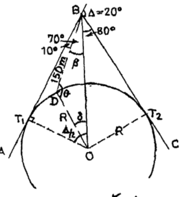
$\therefore R_2 = 1590.00$ m.

فالمسافه (IT_2) :

$IT_2 = It_2 + t_2T_2 = 233.80 + 280.40 = 514.20$ m.

مثال 5 ، يتقاطع المستقيم (BA) ذو الاتجاه الزاوي °270 مع المستقيم (BC) ذو الاتجاه الزاوي °110 في نقطة B . كان مقرر توصيل المستقيمين بمنحني دائري الذي يجب ان يمر بنقطة D التي تبعد 150 م من B ، حيث ان الاتجاه الزاوي لـ (BD) هو °260 .
اوجد نصف القطر المطلوب وطولي المماسين وطول المنحـــني وزاوية الانشـاء لوتر طوله 30م .
(جامعة لنـــدن)

الحل ، رجوعا الى الشكل 16-5 ،



شكل 16-5

من الاتجاهات الزاوية ، زاوية الرأس تساوى : $= 270° - 110° = 160°$

$\therefore \Delta = 20°$

(من الاتجاهات الزاويه) $D\hat{B}A = 10°$

$\therefore O\hat{B}D = \beta = 70°$

في المثلث (BDO) وبواسطة قانون الجيوب : $\sin\theta = \frac{OB}{OD} \cdot \sin\beta = \frac{R \cdot \sec\Delta/2}{R} \cdot \sin\beta$

$= \sec\Delta/2 \cdot \sin\beta$

$\therefore \sin\theta = \sec 10° \times \sin 70°$

$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.954\ 190) = 72°35'25''$

او : $(180° - (72°35'25'')) = 107°24'35''$

بفحص الارقام يتبين بان δ يجب ان تكون اقل من 10° .

$\therefore \theta = 107°24'35''$

$\delta = (180 - (\theta + \beta)) = 2°35'25''$

بواسطة قانون الجيوب : $DO = R = \frac{DB \cdot \sin\beta}{\sin\delta} = \frac{150 \sin 70°}{\sin 2°35'25''}$

$\therefore R = 3119.00 \text{ m.}$

طول المماس : $= R \cdot \tan\Delta/2 = 3119 \tan 10° = 550.00 \text{ m.}$

طول المنحني : $= R \times$ (زوايا قطريه Δ) $= \frac{3119 \times 20° \times 3600}{206\ 265}$

زاوية الانحراف لوتر طوله 30 م : $= 1718.9 \times \frac{30}{3119} = 0°16'32''$

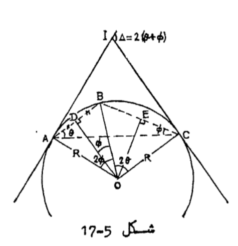
مثال 6 ، احداثيات نقطتين B و C بالامتار نسبة الى A هي :

النقطه B : 500 N , 470 E

النقطه C : 550 N , 770 E

احسب نصف قطر المنحني الدائرى الذى يمر بالنقاط الثلاثه واحداثيات نقطة التقاطع I باعتبار A و C هما نقطتا تماس للمنحني .

الحل ، رجوعا الى الشكل 5-17 ،



شــكل 5-17

بطريقة الاحـــــــداثيات :

الاتجاه الزاوى لـ (AB) يساوى : $= \tan^{-1} \dfrac{+470\ E}{+500\ N} = 43°\ 14'$

الاتجاه الزاوى لـ (AC) يســاوى : $= \tan^{-1} \dfrac{+770\ E}{+550\ N} = 54°\ 28'$

الاتجاه الزاوى لـ (BC) يساوى : $= \tan^{-1} \dfrac{+300\ E}{+50\ N} = 80°\ 32'$

المسافه (AB) تساوى : $= 500 / \cos 43°\ 14' = 686\ m.$

من الاتجاهين الزاويــين لـ (AB) و (AC) : $B\hat{A}C = \theta = 11°\ 14'$

من الاتجاهين الزاويــين لـ (CA) و (CB) : $B\hat{C}A = \phi = 26°\ 04'$

كتحقيق ، الزاويه المتبقيه المحتسبه من الاتجاهين الزاويّين لـ(BA) و(BC) تساوى '42°142 ، وعند الجمع يكون الناتج °180 .

في المثلث قائم الزاويه (DOB):

$$OB = R = \frac{DB}{\sin \phi} = \frac{343}{\sin 26°04'} = 781\ m.$$

وبالامكان تدقيق هذه النتيجه الان من خلال المثلث (OEC):

$$\Delta = 2(\phi + \theta) = 74°36'$$

$$\therefore AI = R \cdot \tan\Delta/2 = 781 \tan 37°18' = 595\ m.$$

فالاتجاه الزاوى لـ(AI) يساوى الاتجاه الزاوى لـ (AC) ناقصا($\Delta/2$) ويساوى:

$$= 54°28' - 37°18' = 17°10'$$

اذن احداثيات I تساوى:

$$= 595 \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} 17°10' = +569\ N\ ,\ +176\ E$$

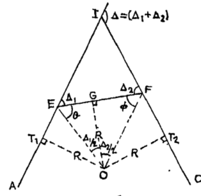
مثال 7 ، يتصـــل المستقيمان (AEI) و(CFI) الذان اتجاههما الزاوى هما °35 و °335 عـــلى التوالي بمستقيم من E الى F . حيث ان احداثيات كل من E و F بالامتار هي:

احداثيات E : 600.36 E, 341.45 N

احداثيات F : 850.06 E, 466.85 N

اوجد نصف قطر المنحني الذى يصل بينهما والذى سيكون في حالة تماس مع كل من الخطوط (AE) و (EF) و (CF) . اوجد ايضا احداثيات النقاط I وT_1 وT_2 التي تمثل نقطة التقاطع ونقطتي التماس عـلى التوالي .

الحل ، رجوعا الى الشكل 5-18:



شـكل 5-18

الاتجاه الزاوى لـ(AI) يساوى 35 واتجاه (IC) الزاوى يساوى: $= 335° - 180° = 155°$

$$\therefore \Delta = 155° - 35° = 120°$$

بطريقة الاحداثيات ، الاتجاه الزاوى لـ(EF) يساوى:

$$= \tan^{-1}\frac{+249.70\ E}{+125.40\ N} = 63°20'$$

طول (EF) يســاوى:

$$= 249.70/\sin 63°20' = 279.42\ m.$$

من الاتجاهين الزاويين (AI) و(EF) ، الزاويه (IEF) تساوى : $\Delta_1 = 63°20'-35°=28°20'$

ومن الاتجاهين الزاويين (CI) و(EF) ، الزاويه (IFE) تساوى $\Delta_2 = 155°00'-63°20'=91°40''$

$\Delta_1 + \Delta_2 = 120°\ 00'\ 00''$ (يحقق)

في المثلث (EFO) :

$F\hat{E}O = 90° - \Delta_1/2 = \theta = 75°\ 50'$

$E\hat{F}O = 90° - \Delta_2/2 = \phi = 44°\ 10'$

$EG = GO \cot\theta = R \cot\theta$

$GF = GO \cot\phi = R \cot\phi$

$\therefore\ EG + GF = EF = R\ (\cot\theta + \cot\phi)$

$$\therefore R = \frac{EF}{\cot\theta + \cot\phi} = \frac{279.42}{\cot 75°50' + \cot 44°10'}$$

$= 217.97$ m.

$\therefore\ ET_1 = R \tan \Delta_1/2 = 217.97 \tan 14°10' = 55.02$ m.

$FT_2 = R \tan \Delta_2/2 = 217.97 \tan 45°50' = 224.40$ m.

الاتجاه الزاوى لـ (ET_1) يساوى : $215°\ 00'\ 00''$

الاتجاه الزاوى لـ (FT_2) يساوى : $155°\ 00'\ 00''$

اذن احداثيات T_1 تساوى : $= 55.02 \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} 215°00'00'' = -31.56$ E, -45.07 N

اذن فمجموع احداثيات T_1 :

$N = 341.45 - 45.07 = 296.38$ m.

$E = 600.36 - 31.56 = 568.80$ m.

وبنفس الطريقه احداثيات T_2 تساوى : $= 224.40 \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} 155°00'00'' = +98.84$E, -203.38N

اذن مجموع احداثيات T_2 :

$N = 466.85 - 203.38 = 263.47$ m.

$E = 850.06 - 94.84 = 944.90$ m.

$T_1I = R \tan \Delta/2 = 217.97 \tan 60° = 377.54$ m.

الاتجاه الزاوى لـ (T_1I) يساوى : $35°00'00''$

اذن احداثيات I تساوى : $= 377.54 \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} 35°00'00'' = +216.55$ E, 309.26 N

اذن فمجموع احداثيات I :

$N = 321.23 + 309.26 = 630.49$ m.

$E = 586.20 + 216.55 = 802.75$ m.

وبالامكان تحقيق احداثيات I عن طريق (T_2I).

تمــــارين

(1) في مشروع تخطيط مدينه ، توجب تقاطع طريق عرضه 9 م مع اخر عرضه 12 م بزاوية °60 ، حيث ان كلا الطريقين مستقيمان . كما قد توجب ايصال الرصيفين اللذان يكوّنان زاوية حاده ، بمنحني دائري نصف قطره 30 م والرصيفان اللذان يكوّنان زاوية منفرجه بمنحني دائري نصف قطره 120 م .
اوجد المسافات المطلوبه لتعيين نقاط التماس الاربعه .
اشرح كيف تنشيء المنحني الاكبر بطريقة زاوية الانحراف ثم رتّب في جدول الزوايا لاوتار طولها 15 م .
(الجواب: 75 ، 62 ، 62،72 م ، δ تساوي 3°35)   (جامعة لندن)

(2) ينحرف المستقيم (BC) بزاوية °24 عن المستقيم (AB)، وقد توجب ايصالهما بمنحني دائري يمر بنقطة P التي تبعد 200م عن B و 50 م عن (AB) . اوجد طول المماس وطول المنحني و زاوية الانحراف لوتر طوله 30 م . (جامعة لندن)
(الجواب: R يساوي 3754 م (IT) يساوي 798م ، طول القوس 1572 م، زاوية الانحراف 0°14)

(3) كان لمنحني معكوس ان يبدأ من النقطه A وينتهي في C حيث فيه تغيّر في الانحناء في نقطة B كما ان الوترين (AB) و(BC) يساويان 661.54 م و 725.76 م على التوالي، كذلك فان نصفي القطرين يساويان 1200 م و 1500 م على التوالي . وبالنظر لعدم انتظام مستوى الارض فقد تقرر استخدام مزواتين بدون شريط او سلسله . اوجد المعلومات المطلوبه للانشاء واشرح الخطوات في الحقل . (جامعة لندن)
(الجواب : طولا المماسان 344.09 م و 373.99 م، طولا المنحني 670.2 م و 733.00م لكل وتر طوله 30 م ، δ_1 تساوي "0°42'54 و δ_2 تساوي "0°34'30) .

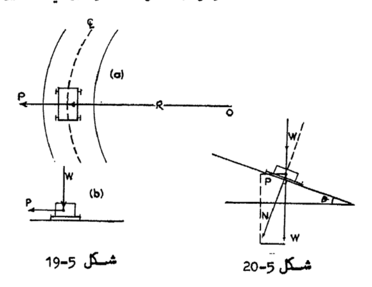
(4) يتقاطع مستقيمان فيصنعان زاوية انحراف مقدارها 59°24، حيث ان طول المسار chainage عند نقطة التقاطع يساوي 880 م ، وكان من المقرر ايصال المستقيمان بمنحني بسيط يبدأ من طول مسار 708 م . فاذا استخدم في الانشاء وتر طوله 30م على اساس المسار الافقي الفعلي بطريقة الازاحات الجانبيه لامتداد الوتر . اوجد اول ثلاثة ازاحات جانبيه ، كذلك اوجد طول المسار لنقطة التماس الثانيه واشرح ، بواسطة رسم مخططات ، طريقة الانشـاء .
(الجواب : 0.066 ، 1.806 ، 2.985 م ، 864.3 م) .

(5) كان من المقرر انشاء منحني دائري بنصف قطر 250 م ليوصل بين مستقيمين ، ولكنه تبين في بداية العمل بان نقطة التقاطع لا يمكن الوصول اليها . اشرح كيف يمكن في هذه الحاله ايجاد الزاويه التي ينحرف بها المستقيم عن الذي يسبقه وكيفية ايجاد موقعي المماسين بدقه ، مع احتساب طولي مساريهما . فبفرض ان طولي مساري نقطتا التماس هما 502.2 م و 728.4 ، اشرح الاسلوب المتبع في انشاء اول ثلاث اوتاد على المنحني بواسطة المزواة (تقرأ "20) وشريط مساحه حديدي من اول نقطة تماس وبفترات طولها 30 م من المسار الافقي ، و بين الحسابات الضروريه . فلو وجد انه من غير الممكن انشاء اوتاد اخرى على القوس من اول نقطة تماس بسبب عوائق بينها وبين الاوتاد ، اشرح طريقة (بدون استخدام نقطة التماس الثانيه) لتعيين الوتد الرابع والاوتاد التي تليه . ليس هناك مطلوب حسابات اخرى . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(الجواب : "03°11'10 و "06°37'20 و "10°03'40) .

منحني الانتقال هو منحني بنصف قطر دائم التغير. اذا استخدم لا يصال مستقيم بمنحن نصف قطره R ، يكون نصف قطر بداية المنحني هو نفسه للمستقيم (اى ∞) و يكون نصف قطر نهاية المنحني هو نفس نصف قطر المنحني R .

خذ منحنيا ، وعربه تسير بسرعة V على المستقيم ، فالقوى المؤثره على العربه ستكون وزنها W المؤثر شاقوليا الى الاسفل و قوة مساويه و معاكسه تؤثر شاقوليا الى الاعلى من خلال الفرامل . فعندما تدخل العربه في المنحني ذى نصف القطر R عند نقطة التماس T_1 ســوف يكون هناك قوة مركـــــزية اضافية P Centrifugal force تؤثر على العربه كما هو مبين في الشكلين 5-19 و 5-20 .



شـكل 5-19 شـكل 5-20

فاذا كانت P كبيره ، ستضطر العربه الى الخروج عن المنحني و يمكن ان تنزلق او تنقلب . في الشكل 5-20 يتبين بان محصلة هاتين القوتين هي N ، و اذا كان الطريق قد اعطي ميلا اضافيا عموديا على هذه القوه فسوف لا يكون هناك احتمال انزلاق للعربه ، و يجب ملاحظة انه حيث :

$$P = W \cdot V^2 / R \cdot g \qquad \ldots \qquad (11-5)$$

فان الميل الاضافي superelevation للطريق سوف يلغي تاثير P فقط عند سرعة تصميميه تساوى V ، وعليه في الواقع فان الميل الاضافي للطريق سوف فقط يقلل من تاثير P بسبب تغير سرع المرور .

5-2-1 مبدأ الانتقال Principle of Transition

فالغاية من منحني الانتقال اذن هي :

a) تحقيق تغيير تدريجي للاتجاه من المستقيم (بنصف قطر مالانهايه) الى المنحني (بنصف قطر R) .

b) السماح بتطبيق الميل الاضافي superelevation تدريجيا لموازنة القوة المركزيه .

وحيث ان ليس بالامكان الغاء القوة P ، عليه يحسب لها حساب بالسماح للميل الاضافي بالازدياد بانتظام على طول المنحني . من المعادلة (5-11) و حيث ان P تتناسب عكسيا مع R ، فالمطلب الرئيس لمنحني الانتقال المثالي هو ان نصف القطر يجب ان ينقص بانتظام بازدياد المسافة على طوله .

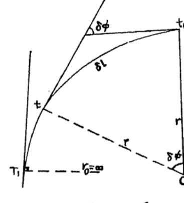
كما وان هذا المطلب يساعد ايضا في التطبيق التدريجي للميل الاضافي ، وهكذا : (كميةثابته) $c = r.l$

$\therefore \quad 1/c = 1/r$

من الشكل 5-21 ، (tt_1)هو جزء متناهي الصغر من منحني الانتقال (δl)ذو نصف قطر r وهكذا :

$$\delta l = r \cdot \delta\phi \quad , \quad \therefore \quad 1/r = \delta\phi/\delta l$$

والتي تعطي عند التعويض في اعلاه : $\quad 1/c = \delta\phi/\delta l$



شكل 5-21

وباجراء التكامل : $\quad \phi = l^2/2c \quad , \quad \therefore \quad l = (2c\phi)^{\frac{1}{2}}$

وبجعل a تساوي $(2c)^{\frac{1}{2}}$:

$$l = a(\phi)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots (12-5)$$

وعندما : $\quad c = R\,l \quad , \quad a = (2RL)^{\frac{1}{2}}$

يكون بالامكان كتابة المعادلة(5-12) كما يلي :

$$l = (2RL\phi)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots (13-5)$$

والتعابير اعلاه هي خاصة بمنحني الكلوثويد Clothoid والذى يطلق عليه احيانا حلزون يولر Euler Spiral ، وهو الاكثر استخداما في تصاميم الطرق .

5-2-2 تصاميم المنحنيات Curve Design

متطلبات تصاميم منحنيات الانتقال هي :

(a) قيمة اقل نصف قطر مامون R .

(b) طول المنحني L .

ولاجل احتساب نصف القطر المامون R ، تحتسب اولا (P/W) النسبة العمركزية centrifugal ratio من المعادلة 5-11 وهكذا :

$$P/W = V^2/Rg \quad \ldots (14-5)$$

حيث ان V هي السرعة التصميمية بالمتر/ ثانيه (m/s) و g هي التعجيل الارضي بالمتر/ ثانية تربيع (m/s^2) و R هو اصغر نصف قطر مامون بالامتار m ، وعندما تكون V بالكيلومترات/ ساعه (Km/h) فان التعبير يصبح :

$$P/W = V^2/127\,R \quad \ldots (15-5)$$

والقيم الشائعه للنسبة الممركزيه هي :

0.21 الى 0.25 للطرق و 0.125 لخطوط السكك الحـديديه . فمثلا اذا كانت (P/W) تساوى 0.25

و V تساوى 50 كم / ساعه ، فان R تساوى :

$$R = \frac{50^2}{127 \times 0.25} = 79 \text{ m.}$$

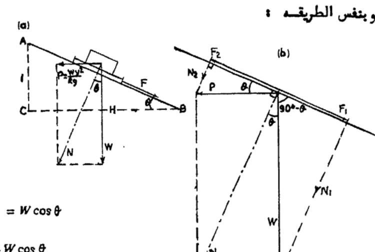
وبالامكان انشاء باى قيمة تساوى او تزيد على هذه .

كذلك ، يوضح الشكل 5-22a عربة تسير حول منحني ذى ميل اضافي superelevation انشأ بشكل صحيح ، محصلة القوتـين فيه هي N . تؤثر القوة F باتجاه مركز المنحـنى وهي قوة الاحتكاك المفروضة من قبل فرامل السياره على سطح الطريق . وهذه القوة مبينة بتفصيل اكثر في الشكل 5-22b والذى فيه يمكن اثبات ان :

$$F_2 = \frac{W\ V^2}{R\ g} \cos\theta, \quad F_1 = W\cos(90° - \theta) = W\sin\theta$$

$$\therefore F = F_2 - F_1 = \frac{W\ V^2}{R\ g}\cos\theta - W\sin\theta$$

وبنفس الطريقـه :



$$N_2 = \frac{WV^2}{Rg}\sin\theta, \quad N_1 = W\cos\theta$$

$$\therefore N = N_2 + N_1 = \frac{WV^2}{Rg}\sin\theta + W\cos\theta$$

شكل 5-22

وعـليه :

$$\frac{F}{N} = \frac{\frac{WV^2}{Rg}\cos\theta - W\sin\theta}{\frac{WV^2}{Rg}\sin\theta + W\cos\theta} = \frac{\frac{V^2}{Rg} - \tan\theta}{\frac{V^2}{Rg}\tan\theta + 1}$$

وبسبب متطلبات وزارة النقل[1] Ministry of Transport (M.O.T.) فان اعلى قيمة لـ (tanθ) تساوى 1 الى $14\frac{1}{2}$ وهذا يساوى 0.069 . كذلك ، بما ان (V^2/Rg) لا يمكن ان تزيد على 0.25 فان المقدار في مقام الكسر يمكن اهماله وبذلك :

$$\frac{F}{N} = \frac{V^2}{R.g} - \tan\theta = \frac{V^2}{127\ R} - \tan\theta \qquad \ldots (16\text{-}5)$$

ولغرض منع العربه من الانزلاق جانبا ، يجب ان يزيد المقدار (F/N) على قيمة معامل الاحتكاك بين الفرملة والطريق μ . في الوقت الذى يعطي مختبر بحوث الطرق قيمة لـ μ تساوى 0.15 ، يمكن استخدام قيمة 0.18 الى حد سرعة 50 كم / ساعه ، وهكذا :

$$V^2/\ 127\ R \ngtr \tan\theta + \mu \qquad \ldots (17\text{-}5)$$

فعلى سبيل المثال اذا كانت السرعة التصميميه 100 كم/ساعه وحدد الميل الاضافي للطريق بـ 1 الى $14\frac{1}{2}$ (اى 0.069) و μ تساوى 0.15 فان :

$$\frac{100^2}{127\ R} = 0.069 + 0.15$$

$$\therefore R = 360 \text{ m.}$$

1 المقصود هنا وزارة النقل البريطانية .

بالامكان الاثبات بانه اذا اخذ الميل الاضافي دائما كـ 1 الى $14\frac{1}{2}$ فان هذه الطريقه ستكون مماثلة الى الحالة السـابقه .

3-2-5 طول منحني الانتقال Length of Transition Curve

اكثر الطرق شيوعا استعمالها هي "طريقة معدل تطبيق الميل الاضافي Rate of Application of Superelevation .

من مثلث القوى في الشكل 5-22a :

$$\tan\theta = V^2/Rg = 1 \;:\; H$$

وهكذا :

$$H = \frac{Rg}{V^2} = \frac{127\,R}{V^2}$$

حيث ان V هي السرعة التصميميه بالكيلومتر / ساعه (Km/h) .
مع ذلك فان وزارة النقل تنصح باستخدام معدل السرعه بدلا من السرعة التصميميه معطية ثابتا جديدا مقداره 314 ، وهكذا :

الميل الاضافي superelevation يساوى 1 الى $\left(\frac{314\,R}{V^2}\right)$

ان هذه القيمه للميل الاضافي تقاوم حوالي (40%) من النسبة المعركزيه و يجب ان لا تزيد على 1 الى $14\frac{1}{2}$.
اما في الطرق السريعه Motorways فيجب ان يطبق الميل الاضافي على طول المنحني بمعـــــدل 1 الى 200 ، وبمعدل 1 الى 100 للطرق ذات الاستخدامات المتعدده ، وبمعدل 1 الى 480 لخطوط السكك الحديديه .
هنالك طريقة ثانيه وهي استخدام القيم المستحصله من قبل و.هـ.شورت W.H.Shortt الخاصه "بمعدل تغيير التعجيل المركزى او القطرى (q) rate of change of centripetal acceleration" الذى لا يكون ملحوظا من قبل المسافرين عند ركوب خطوط السكك الحديديه . اعلى قيمة تم التوصل اليها كانت ($1\,ft/s^3$) ، ولو ان قيمة مقدارها ($2\,ft/s^3$) كانت غالبا ما تستخدم لتعطي انصاف الحلزون .
والقيم المتريه التي تعطى الان الى q هي 0.3 و 0.45 و 0.6 متر / ثانيه تكعيب (m/s^3) حيث ان :

$$q = V^3/\,R\,L$$

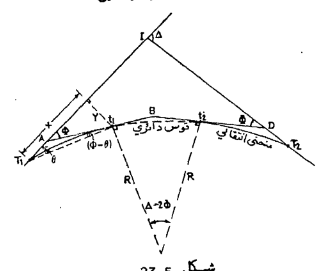
$$\therefore\; L = V^3/Rq = V^3/3.6\,Rq \qquad \ldots (18\text{-}5)$$

حيث ان السرعة التصميميه هي بالكيلومتر / ساعه (Km/h) و بقية الوحدات بالامتار . مع ان هذه الطريقه تستخدم في تصاميم الطرق لكنها وجدت خصيصا للسـكك الحديديه وعليه فانها تتخذ بشيء من التلكؤ من قبل بعض المهندسين . كما ان هناك اسلوبا اخرا يعتمد على الناحية الشكلية (الجماليه) للمنحنيات ولكنه ليس من المحتمل ان يكـون ســـواء الا امتحانيا .

4-2-5 معلومات الانشاء Setting out Data

يبين الشكل 5-23 الوضعية السائده لمستقيمين ممتدين الى الامام ليتقاطعا في I مع منحني الانتقال (الكلوثويد Clothoid) الذى يبدأ من نقطة التماس T_1 و يتصل بالقوس الدائرى في t_1 . اما منحني

الانتقال الثاني المماثل فيبدأ من t_2 ويتصل عـند T_2 . وهكذا فالمنحني المركب من T_1 الى T_2 يتألف من قوس دائرى مع قوس انتقال عند كل من الدخول والخروج .



شـكل 23-5

تثبيت نقطتي التماس T_1 و T_2 :

لاجل تثبيـت T_1 و T_2 يتم قياس كل من المستقيمين (T_1I) و (T_2I) ابتداء من نقطة I رجوعا الى الاسفل .

$$T_1I = T_2I = (R + S) \tan \Delta/2 + C \quad \ldots \quad (19\text{-}5)$$

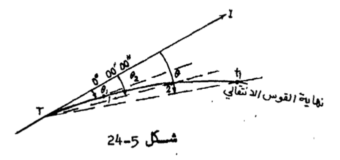
حيث ان S هي مقدار الزحف shift وتساوى :

$$S = L^2/24R - L^4/3! \times 7 \times 8 \times 2^3R^3 + L^6/5! \times 11 \times 12 \times 2^5R^5 - L^8/7! \times 15 \times 16 \times 2^7R^7 + \ldots\ldots$$

$$C = L/2 - L^3/2! \times 5 \times 6 \times 2^2R^2 + L^5/4! \times 9 \times 10 \times 2^4R^4 - L^7/6! \times 13 \times 14 \times 2^6R^6 + \ldots\ldots$$

انشاء منحنيات الانتقال (شكل 24-5) Setting out the Transitions

تثبت المزواة في نقطة T ويوجه الى I حيث تقرأ الدائرة الافقيه للجهاز صفرا . بعدها يجرى تثبيت اوتاد منحني الانتقال باستخدام زوايا انحراف واوتار (طريقة رانكون Rankine's Method) بنفس الطريقه المتبعه في المنحني البسـيط .



شـكل 24-5

تحتسب المعلومات كما يلي :

(a) يحتسب طول منحني الانتقال L (انظر عوامل التصميم) ، افرض ان L يساوى 100 .

(b) بعدها يجزأ الى (قل عشرة اجزاء) طول الواحد منها 10 م ، باهمال المسار الافقي فان اطوال الاوتار المكافئة equivalent chord length تحتسب من :

$$A - \frac{A^3}{24 R^2} + \frac{A^5}{1920 R^4}$$ (حيث A هو طول القوس)

(c) تحتسب زوايا الانشاء θ_1 و θ_2 و . . . و θ_n كما يلي :

المعادلة الاساسية لمنحني الكلوثويد هي : $1 = (2 R L \phi)^{\frac{1}{2}}$

$$\therefore \Phi = 1^2 / 2 R L = L/2R$$ (عندما 1 يساوى L)

حيث ان 1 هي اية مسافة على طول منحني الانتقال غير المسافة الكلية L .

عليه :

$$\theta = \Phi/3 - 8\Phi^3/2835 - 32\Phi^5/467775 - \dots$$
$$= \Phi/3 - N$$

حيث تؤخذ N من الجداول ، و تتباين بالقيمة بين "0.1 عندما ($\Phi=3°$) الى "41.3 '34 عندما ($\Phi=86°$) .

والان :

$$\phi_1/\Phi = 1_1^2 / L^2$$

(حيث 1_1 يساوى طول الوتر ويساوى قل 10م)

$$\therefore \phi_1 = \Phi(1_1^2/L^2)$$

كذلك :

$$\theta_1 = \phi_1/3 - N_1$$

و بنفس الطريقة : (حيث 1_2 تساوى 20 م)

$$\therefore \phi_2 = \Phi(1_2^2/L^2)$$

ثم :

$$\theta_2 = \phi_2/3 - N_2$$

و هـــــــــــكذا . . . . . .

يجب على الطلبة ملاحظة ما يلي :

(1) قيم 1_1 و 1_2 و . . . الخ هي قيم تراكمية accumulatives .

(2) وعليه فالقيم المستحصلة لـ θ_1 و θ_2 . . . الخ هي زوايا الانشاء النهائية ، وبديهيا فانه لايمكن فرضها .

(3) ولو ان طول الوتر المستخدم هو تراكميا ، ولكن طريقة الانشاء لاتزال مماثلة لانشاء المنحني البسيط.

انشاء قوس دائري ($t_1 t_2$) Setting out Circular Arch

لاجل انشاء القوس الدائري من الضروري اولا تعيين اتجاه المماس (t_1B) (شكل 5-23) حيث تثبت المزواة في t_1 وتوجه خلفا الى T بالدائرة الافقية تقرأ (($\Phi - \theta$) - 360°) ، بعدها يصفّر الجهاز ويقلب المنظار transited . والان يوجه بالاتجاه (t_1B) حيث تقرأ الدائرة الافقية فيه صفرا قبل البدء بانشاء القوس الدائري البسيط . تسمى الزاوية ($\Phi-\theta$) بالزاوية الخلفية لنقطة الاصـــــــل Back angle to the origon ويمكن ان يعبر عنها بمايلي : $\theta = \Phi/3 - N$

$$\therefore (\Phi - \theta) = \Phi - (\Phi/3 - N) = (2/3)\Phi + N$$

وهذه يمكن الحصول عليها من الجداول مباشرة .

اما بقية المعلومات الخاصة بالانشاء فتحتسب كما يلي :

(a) لما كان كل منحني انتقال يمتص زاوية Φ فان الزاوية المقابلة للقوس الدائري تساوى ($\Delta-2\Phi$) .

(b) طول القوس الدائري (($R(\Delta - 2\Phi$) الذى سينقسم الى اطوال الاوتار المطلوبة c .

(c) بعدها تنشأ زاوية الانحراف، ($\delta' = 1718.9C/R$) من المماس(t_1B)بالطريقة الاعتياديه .

اما قوس الانتقال الثاني فمن المفضل ان ينشأ من T_2 الى t_2 . فالانشاء من t_2 الى T_2 يتضمن اسلوب دائرة التماس Osclating Circle ، راجع الفقره 5-2-9 .

ان قوانين منحنيات الانتقال من نوع الكلوثويد انفة الذكر يجرى استخراجها بموجب اخر جداول منحنيات الانتقال الخاصة بالطرق (متريه) المعدة من قبل جمعية مساحي البلـــد ، County Surveyors Socirty . ولما كانت المعادلات الداخله في الانشاء معقده ، فان المعلومات تؤخذ عادة من الجداول مباشرة ، وعليه فانه من غير المحتمل اذن أن يؤلف الكلوثويد سوءالا امتحانيا . مع ذلك فان التقريب للمعادلات المستخرجه ينتج قوسي انتقال اخرين اللذين يجب تذكرهما (انظر فقره 5-2-5) .

في حالة الكلوثويد ، فالشكل 5-23 يبين الازاحة Y في نهاية قوس الانتقال على مسافة X على طول المستقيم ، حيث :

$$X = L - L^3/5\times 4\times 2!R^2 + L^5/9\times 4^2\times 4!R^4 - L^7/13\times 4^3\times 6!R^6 + \ldots \quad (20\text{-}5)$$

$$Y = L^2/3\times 2R - L^4/7\times 3!\times 2^3R^3 + L^6/11\times 5\times 2^5R^5 - L^8/15\times 7!\times 2^7R^7 + \ldots \quad (21\text{-}5)$$

ينشأ قوس الكلوثويد دائما بواسطة زوايا الانحراف ، ولكن قيم X و Y تكون مفيدة في حالة رسم كذا اقواس بمقاييس كبـــيره .

5-2-5 الحلزون التكعيبي والقطع المكافيء التكعيبي Cubic Spiral and Cubic Parabola

التقريب لقانون منحني الكلوثويد ينتج الحلزون التكعيبي والقطع المكافيء التكعيبي ، والاخير يستخدم في اعمال السكك الحديدية والانفاق بسبب سهولة انشائه بواسطة الازاحات الجانبيه offsets ، كما وان الحلزون التكعيبي يمكن استخدامه في الطرق الفرعية كدليل للحفريات قبل البدء بانشـــاء الكلوثويد اوكتحقيق لحســـابات الكلوثويد .

يعطي التقريب للمعادله (5-21) :

$$Y = L^2 / 6R$$

والتي عندما (L = 1) و (Y = y) تصبح :

$$y = l^3 / 6RL \quad \ldots\ldots (22\text{-}5)$$

وهـــذه هي معادلة الحـلزون التكعيـــبي .

و بتقريب للمعادله (5-20) فانها تعطي (X=L) وهكذا (x =1) ،

$$\therefore y = x^3 / 6RL \quad \ldots\ldots (23\text{-}5)$$

وهـــذه هي معادلة القـــطع المكافيء التكعيـــبي .

في كلتا الحالتين :

$$T_1I = (R + S) \tan \Delta/2 + C$$

حيث :

$$S = L^2 / 24 R \quad \ldots\ldots (24\text{-}5)$$

ثم :

$$C = L / 2 \quad \ldots\ldots (25\text{-}5)$$

$$\Phi = L/2R = l^2/2RL \quad \ldots\ldots (26\text{-}5)$$

ثم :

$$\theta = \Phi/3 \quad \ldots\ldots (27\text{-}5)$$

بالامكان الحصول على زوايا الانحراف لهذه المنحنيات كما يلي ، باهمال قيمة N :

$$\theta_1/\theta = l_1^2/L^2 \quad ..... \quad (28-5)$$

حيث ان l هو طول الوتر / القوس .

عندما Φ تساوى 24° تقريبا فان نصف قطر هذه الاقواس يبدأ بالازدياد مرة ثانيه ، الامر الذى يجعلها غير نافعه كمنحنيات انتقال .

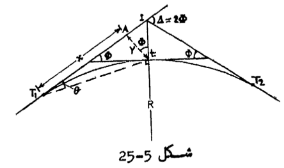
5-2-6 منحني مؤلف من منحنيات انتقال بالكامل (شكل 5-25)

يتألف القوس الانتقالي بالكامل من قوسي انتقال يلتقيان بنقطة تماس مشتركه t .

طول المماس (T_1I) يساوى :

$$T_1I = X + Y \tan\Phi \quad ..., \quad (29-5)$$

حيث تحتسب كل من X و Y من المعادلتين (5-20) و (5-21) ، ثم ان ($\Phi = \Delta/2$) .



شكل 5-25

5-2-7 دائرة التماس Osculating Circle

يوضح الشكل 5-26 منحني الانتقال $(T_1P\ E)$ الذى يمر بالنقطه p حيث ان r هو نصف قطر منحني الانتقال ، فالمنحني البسيط المرسوم بنفس نصف القطر يسمى دائرة التماس .

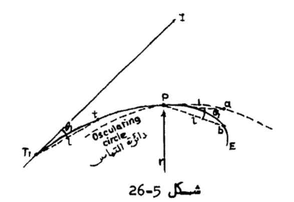
في نقطة T يكون لمنحني الانتقال نفس نصف قطر المستقيم (T_1I) اى ∞ ، ولكنه ينفرج عنه بمعدل ثابت . ايضا ينطبق نفس الشرط بالضبط في P مع دائرة التماس ، اى ان منحني الانتقال له نفس نصف قطر دائرة التماس r ولكنه ينفرج عنها بمعدل ثابت . وهكذا اذا كانت الاوتار :

$$T_1t = Pa = Pb = l$$

فالزاويه $(I\hat{T}_1t)$ تساوى :

$$I\hat{T}_1t = a\hat{P}b = \theta_1$$

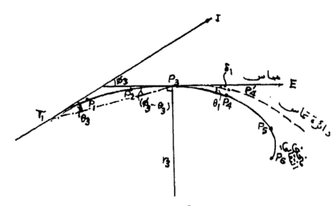
هذه هي نظرية دائرة التماس ، وفيما يلي تطبيقاتها .



شـكل 26-5

5-2-8 انشاء المنحني عندما يكون ضروريا نقل المزواة الى نقطة وسطيه على منحني الانتقال

يوضح الشكل 5-27 الوضعية التي فيها انشيء منحني الانتقال من T_1 الى P_3 بالطريقة الاعتياديه ، ولكون خط النظر(T_1P_4) هو محجوب ، لذا يجب نقل المزواة الى P_3 لانشاء ما تبقى من منحني الانتقال، فاول ما مطلوب هو اتجاه المماس(P_3E) من الزاويه الخلفيه($\phi_3 - \theta_3$).



شـكل 27-5

من الشكل يمكن روئية ان الزاويه الى الوتر(P_3P_4')على دائرة التماس هي ($\delta_1'=1718.9 \times l/r_3$ بالدقائق . والزاويه بين الوتر على دائرة التماس والوتر على منحني الانتقال هي($P_4'P_3P_4= \theta_1$) ، و هكذا فان زاوية الانشاء من المماس الى P_4 تساوى ($\delta_1+\theta_1$) والى P_5 تساوى ($\delta_2+\theta_2$) والى P_6 تساوى ($\delta_3+\theta_3$) ،

فمـــثلا ، بفرض ان :

$\Delta = 60^\circ$, L = 60 m., l = (الوتر) = 10m. ,R = 100 m.

وان (T_1P_3= 30 m.) ، اوجد زوايا الانشاء لما تبقى من منحني الانتقال من P_3 .

من المعادله الاساسيه :

$$\phi_3 = \frac{l_3^2}{2RL} = \frac{30^2}{2 \times 100 \times 60} = 4^\circ 17' 50''$$ (ناقصا N_3 اذا كلوثويد)

او ، اذا كان المنحني معرفا بدرجة انحنائه D degree of curvature فان :

$$\phi_3 = \frac{l_3^2}{200} \times \frac{D}{L}$$ (ناقصا N_3 اذا كلوثويد)

وهكذا تحتسب الزاويه الخلفيه الى نقطة الاصل ($(2/3)\phi$) ليعيّن المماس كما سبق .
والان من ($\Phi = L/2R$) و ($\theta = \Phi/3$) تحتسب الزوايا θ_1 و θ_2 و θ_3 من المعادله 5-28 . عمليا ، تكون هذه الزوايا متوفره مسبقا حيث انها تكون قد استخدمت في انشاء اول 30 م من منحني الانتقال .
فقبل ايجاد قيم الزوايا الى دائرة التماس يجب معرفة r_3 ، وهكذا من ($r.l = R.L$) :

$$r_3 = R \cdot L/l_3 = 100 \times 60/30 = 200 \text{ m.}$$

او ان درجة الانحناء في P_3 على بعد 30 م من T_1 هي ($\frac{D}{L} \cdot l_3$) .

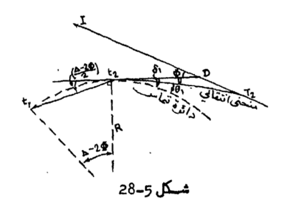
$$\therefore \quad \delta_1 = 1718.9 \times \frac{10}{200} = 85.9450' = 1°25'57''$$

$$\delta_2 = 2\,\delta_1 \;,\; \delta_3 = 3\,\delta_1$$ (كما في حالة المنحني البسيط)

وعليه فان زوايا الانشاء هي اذن ($\delta_1 + \theta_1$) و ($\delta_2 + \theta_2$) و ($\delta_3 + \theta_3$) .

5-2-9 انشاء منحني الانتقال من القوس الدائري

يبين الشكل 5-28 منحني الانتقال الثاني للشكل 5-23 المطلوب انشاؤه من t_2 الى T_2 ،
والمفروض ان يتم تعيين المماس (t_2D) بواسطة الرصد الخلفي backsighting الى t_1 بالجهاز ليقرأ ($(\Delta-2\Phi)/2$)-°360 ، حيث يصفّر الجهاز ويقلب لتعيين الاتجاه (t_2D).
يمكن الان رؤية ان زوايا الانشاء في هذه الحاله ستكون ($\delta_1+\theta_1$) و ($\delta_2+\theta_2$) و . . . الخ .



شكل 5-28

5-2-10 منحنيات انتقال توصل اقواسا ذوات انصاف اقطار مختلفه (منحنيات مركبه)

يبين الشكل 5-12 منحنيا مركبا يحتاج الى منحنيات انتقال عند T_1 و t_2 و T_2 ولغرض السماح بدخول منحنيات الانتقال يجب ترحيف الاقواس الدائريه الى الامام كما مبين في الشكل 5-29 ، حيث :

$$S_1 = L_1^2/\;24\;R_1 \quad , \quad S_2 = L_2^2/\;24\;R_2$$

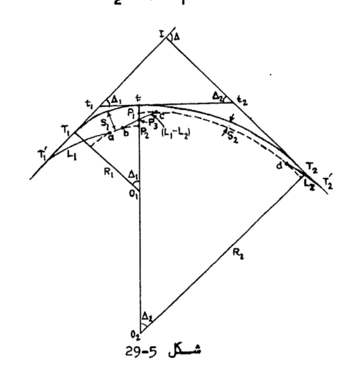
تحتسب اطوال منحنيات الانتقال عند الدخول L_1 وعند الخروج L_2 بالطريقة الاعتياديه ، بينما منحني الانتقال الذى يوصل الاقواس المركبه يساوى :

$$bc = L = (\;L_1 - L_2\;)$$

نصّف المسافه ($P_1P_2 = S_1 - S_2$) بمنحني الانتقال في P_3 وهكذا فالقوس نفسه يجرى تنصيفه ويكون ($bP_3 = P_3c$) . وحيث ان المنحنيات عند الدخول والخروج تنشأ بالطريقة الاعتياديه فانه سيؤخذ بنظر الاعتبار فقط تثبيت نقاط التماس T_1' و T_2' .

في المثلث $(t_1I\ t_2)$:
$$t_1t_2 = t_1t + t\,t_2 = (R_1 + S_1)\tan\Delta_1/2 + (R_2 + S_2)\tan\Delta_2/2$$

التي منها يمكن حل المثلث للحصول على (t_1I) و (t_2I) .

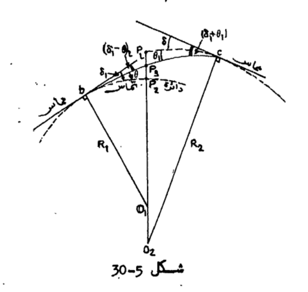


شكل 29-5

طولا المماسان :
$$T_1'I = T_1't_1 + t_1I = (R_1 + S_1)\tan\Delta_1/2 + L_1/2 + t_1I$$
$$T_2'I = T_2't + t_2I = (R_2 + S_2)\tan\Delta_2/2 + L_2/2 + t_2I$$

في الشكل 5-30، المنحني (bc) مرسوم مكبرا ، والذي يمكن منه ، باستخدام دائرة التماس ، روءية طريقة الانشاء .

ابتداء من b، يجري تعيين المماس الذي منه ستكون زوايا الانشاء $(\delta_1 - \theta_1)$ و $(\delta_2 - \theta_2)$ و $(\delta_3 - \theta_3)$ ... الخ كالسابق حيث تحتسب δ_1 الزاويه المصنوعه مع دائرة التماس باستخدام R_1 .



شكل 30-5

تكون الزوايا θ_1 وθ_2 و θ_3 و . . . . الخ هي نفسها سواء قيست من b او من c وتحتسب من :

$$\Phi = (\Phi_1 - \Phi_2) = \left(\frac{L_1}{2R_1} - \frac{L_2}{2R_2}\right) = \frac{L_1R_2 - L_2R_1}{2R_1R_2}$$

وحيث ان($\theta = \Phi/3$) :

$$\theta_1 = \theta_\circ \; l_1^2/L^2 \quad .....$$

كذلك بالامكان تعيين المنحني بطريقة الازاحات الجانبيه من دائرة التماس باستخدام المعادله التاليه :

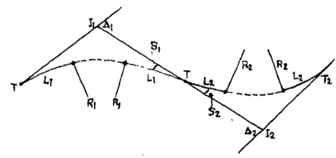
$$y = \frac{x^3}{6RL} = \frac{x^3}{L^3} \cdot \frac{L^2}{6R}$$

حيث :

$$L^2/6R = 4S$$

$$\therefore \quad y = \frac{4x^3}{L^3} (S_1 - S_2) \quad ... \quad (30-5)$$

يجب الملاحظه بان دائرة التماس توفر فقط حلا تقريبيا ، ولكن بما ان منحني الانتقال هو قصير عادة ، فيمكن ان يكون حلا مقبولا عمليا .



شكل 5-31

في حالة المنحني المركب المعكوس (شكل 5-31) :

$$S = S_1 + S_2 \quad , \quad L = L_1 + L_2$$

وبخلافه يمكن اعتباره منحنيين مستقلين .

5-2-11 جداول منحني الانتقال للطرق (متريه)

عند تفحص المعادلات المعقده لحلزون الانتقال الكلوثويد تتبين الحاجه الملحه لجداول تحوي معلومات جاهزه لتسهيل تصميم كذا منحنيات . فقد تم تجهيز هذه الجداول من قبل "جمعية مساحي البلده "County Surveyors Society" تحت عنوان (منحنيات الانتقال للطرق ــ متريه) ، وتحوي هذه الجداول على كميات وافيه من المعلومات القيمه تتعلق بالتصميم الهندسي للطرق ، وهنا مبين نموذج مبسط جدا لهذه الجداول لاعطاء فكرة فقط عن شكلها وعن المعلومات المحتوية فيها .

فكما هو واضح من الفقرة 5-2-4 بان ($\theta = \phi/3 - N$) وان الزاوية الخلفيه هي ($2\phi/3 + N$) فكل هذه المعلومات لقيم مختلفة لـ ϕ هي مجهزة في الجدول 5-1 ، ويبين بجلاء بانه لا يمكن اهمال N لقيم كبيرة لـ ϕ . ايضا موضح جزء فقط من جدول 5-2 ، وهناك جداول متعددة كهذه توفر حجم المعلومات اللازمه لاعمال التصميم .

يفترض ان كثيرا من المعلومات وتطبيقاتها في انشاء المنحنيات هي مفهومة بسهوله من قبل الطالب ، و هكذا سوف يذكر فقط هنا شرحا بسيطا لاستخدامها .

جدول 1-5 زوايا انحراف محتسبه

زوايا الانحراف الحقيقية (لاى نقطة على الحلزون حيث الزاويه المقاسه ϕ) تساوي ($\phi/3$) ناقصا التصحيح المجدول ادناه ، الزاويه الخلفيه تساوي ($2\phi/3$) زائدا نفس التصحيح .
المتسلسلات لظل tan زاوية الانحراف كما اعطيت بموجب القانون تعطي اخطاء صغيرة عندما تكون ϕ كبيره . وقد صححت هذه في هذا الجدول .

الزاويه المقاسه	$\phi/3$	اطرح	زاوية الانحراف	الزاويه المقاسه	$\phi/3$	اطرح	زاوية الانحراف
°	° '	' "	° ' "	°	° '	' "	° ' "
2	0 40	NIL	40 00	45	15	4 46.2	14 55 13.8
3	1	0.1	59 59.9	46	15 20	5 6.0	15 14 54.0
4	1 20	0.2	1 19 59.8	47	15 40	5 26.6	15 34 33.4
5	1 40	0.4	1 39 59.6	48	16	5 48.1	15 54 11.9
6	2	0.7	1 59 59.3	49	16 20	6 10.6	16 13 49.4
7	2 20	1.0	2 19 59.0	50	16 40	6 34.1	6 33 25.9
مكمل بفترات زوايا مقدارها °1 من ϕ							
41	13 40	3 35.9	13 36 24.1	84	28	32 14.4	27 27 45.6
42	14	3 52.1	13 56 7.7	85	28 20	33 26.9	27 46 33.1
43	14 20	4 9.4	14 15 50.6	86	28 40	34 41.3	28 5 18.7
44	14 40	4 27.4	14 35 32.6				

مقدم برخصة من ' جمعية مساحي البلده ' County Surveyors Society

استخدام الجداول

(1) تأكد من زاوية تقاطع المستقيمين Δ بواسطة القياس المباشر في الحقل .
(2) قارن Δ بـ (2Φ) ، فاذا كانت $\Delta \leqslant 2\Phi$ فان المنحني انتقالي باكمله .
(3) استخرج (R+S) و C لاحتساب طول المماس الذي يساوي ($=(R+S)\tan \Delta/2 + C$) .
(4) خذ Φ من الجداول واحسب طول القوس الدائري باستخدام ($R(\Delta - 2\Phi)$) . او اذا كان العمل باستخدام درجة الانحناء D فاستخدم ($100(\Delta - 2\Phi)/D$) .
(5) استخرج اطوال المسارات chainages عند بداية ونهاية منحنيا الانتقال .
(6) احسب زوايا الانشاء θ_1 . . . θ لمنحني الانتقال من ($\phi/\Phi = l_1^2/L^2$) والتي منها ($\theta_1 = (\phi_1/3) - N_1$) ، و هكذا بالنسبة للقيم التراكميه لـ l .
(7) كسيطره في عملية الانشاء ، حيث يمكن تثبيت النقطة النهائيه لمنحني الانتقال اولا بالانحراف عن T_1 (بداية منحني الانتقال) بزاوية الانحراف عن نقطة الاصل θ ثم من بعد ، انشاء الوتر الطويل كما هو معطى في الجداول . و بطريقة اخرى ، بالامكان استخدام الازاحه الجانبيه Y على مسافة X على خط المماس .
(8) عند انشاء اول منحني انتقال ، ثبت المزواة في النقطة النهائيه ، وعندما تقرأ المزواة الزاويه ($180° - (2\Phi/3) + N$) خذ القراءة الخلفيه الى T_1 . بعدها دور المزواة لتقرأ صفرا حيث سيشير اتجاه المماس الى بداية القوس الدائرى قبيل انشائه . وقد سبق ان تم شرح هذه الطريقه .
(9) كتحقيق على انشاء المنحني الدائرى ، خذ كلا من (R+S) و S من الجداول لحساب المسافة الرأسيه APEX DISTANCE حيث تساوي : $= (R+S).(\sec \Delta/2 - 1) + S$
وهي المسافة بين نقطة التقاطع I و مركز المنحني الدائرى .

جدول 2-5

الزيادة بالتعجيل m/s³ 0·30 0·45 0·60

السرعه km/h 84·4 96·6 106·3

الزيادة بدرجه واحده من القوس لكل متر = D/L = 0° 8′ 0·0″

الكميه الثابته (R L) = 42971·835

درجة القوس مبنية على 100 متر قوس قياسي

نصف القطر R (امتار)	درجة القوس D ° ′ ″	طول الحلزون L (امتار)	الزاويه القاسه φ ° ′ ″	الزحف S (امتار)	R+S (امتار)	C (امتار)	وتر طويل (امتار)	الاحداثيات X (متر)	الاحداثيات Y (متر)	زاوية انحراف من نقطة الاصل ° ′ ″	زاويه خلفيه الى نقطة الاصل ° ′ ″
8594·3669	0 40 0·0	5·00	0 1 0·0	0·0001	8594·3670	2·5000	5·0000	5·0000	0·0005	0 0 20·0	0 0 40·0
4297·1835	1 20 0·0	10·00	0 4 0·0	0·0010	4297·1844	5·0000	10·0000	10·0000	0·0039	0 1 20·0	0 2 40·0
2864·7890	2 0 0·0	15·00	0 9 0·0	0·0033	2864·7922	7·5000	15·0000	15·0000	0·0131	0 3 0·0	0 6 0·0
2148·5917	2 40 0·0	20·00	0 16 0·0	0·0078	2148·5995	10·0000	20·0000	20·0000	0·0310	0 5 20·0	0 10 40·0
1718·8734	3 20 0·0	25·00	0 25 0·0	0·0152	1718·8885	12·5000	24·9999	24·9999	0·0606	0 8 20·0	0 16 40·0
1432·3945	4 0 0·0	30·00	0 36 0·0	0·0262	1432·4207	14·9999	29·9999	29·9997	0·1047	0 12 0 0	0 24 0·0
1227·7667	4 40 0·0	35·00	0 49 0·0	0·0416	1227·8083	17·4999	34·9997	34·9993	0·1663	0 16 20·0	0 32 40·0
1074·2959	5 20 0 0	40·00	1 4 0·0	0·0621	1074·3579	19·9998	39·9994	39·9986	0·2482	0 21 20·0	0 42 40·0

يكمل لقيم متزايده لـ D الى حد 36° 00′ 00″

مقدم برخصة من جمعية مساحي البلد ،،

(10) الكميات الثابته $(R.L)$ و (D/L) موجودة في رأس الجدول ويمكن استخدامها كما يلي :

(a) نصف القطر عند اية نقطه P على خط منحني الانتقال تساوى r_p : $r_p = R \cdot L/l_p$

(b) درجة الانحناء عند P تساوى D_p : $D_p = (D/L) \cdot l_p$

حيث l_p هي المسافه الى P مقاسة على طول المنحني من T_1 .

و بنفس الطريقه :

(c) الزاويه المصنوعه عند P تساوى ϕ_p : $\phi_p = l_p^2/2RL$

او تساوى : $= (l_p^2/200).(D/L)$

(d) زاوية الانشاء من T_1 الى P تساوى θ_p : $\theta_p = \phi_p/3 - N_p$

او تساوى : $= (l_p^2/600).(D/L) - N_p$

امثله محلوله

مثال 1 ، يتضمن جزء من مشروع طريق سريع تصميم وانشاء منحني بسيط يحتوي على منحني انتقال حلزوني تكعيبي عند كل نهاية ، حيث يجب ان يصمم منحني الانتقال بحيث تساوى النسبة العمركزية 0.197 بينما يساوى معدل تغيير التعجيل المركزي centripetal ac 0.45 م/ ثانية تكعيب عند سرعة تصميمية مقدارها 100كم / ساعه . فاذا كان طول المسار عند تقاطع المستقيمين يساوى 2154.22 م زاوية الانحراف تساوى "50°00'00 ، اوجد :

(a) طول منحني الانتقال الى اقرب عشرة امتار .

(b) طول المسار عند بداية ونهاية المنحني المركب composite curves.

(c) زوايا الانشاء لاول ثلاثة اوتار ذات طول 10 م على اساس المسار الافقي الفعلي through chainage .

اذكر بايجاز ، اين وكيف ستوجه المزواة لكي تنشئ القوس الدائرى.

الحل ، راجع الشكل 5-23 ، النسبة العمركزيه تساوى :

$$P/W = V^2/\ 127\ R \qquad \cdots\cdots (15-5)$$

$$\therefore R = \frac{100^2}{127 \times 0.197} = 400\ m.$$

معدل تغيير التعجيل المركزي يساوى q :

$$q = V^3/3.6^3 RL \qquad \cdots\cdots (18-5)$$

(a)

$$\therefore L = \frac{100^3}{3.6^3 \times 400 \times 0.45} = 120\ m.$$

(b) لاجل حساب طول المسار :

$$S = \frac{L^2}{24\ R} = \frac{120^2}{24 \times 400} = 1.5\ m. \qquad \cdots\cdots (24-5)$$

طول المماس يساوى : $\cdots\cdots$ (19-5)

$$= (R+S)\ \tan \Delta/2 + L/2$$

$$= (400+1.5)\ \tan 25° + 60 = 247.22\ m.$$

اذن فطول المسار عند T_1 : $= 2154.22 - 247.22 = 1907.00$ m.

ولاجل ايجاد طول القوس الدائرى :

طول القوس الدائرى يساوى : ($= R(\Delta - 2\Phi)$) حيث ($\Phi = L/2R$) .

$2\Phi = \frac{L}{R} = \frac{120}{400} = 0.3$ rad. (زوايا قطريه)

كذلك : $\Delta = 50° = 0.872\ 665$ rad. (زوايا قطريه)

$\therefore R(\Delta - 2\Phi) = 400(0.872\ 665 - 0.3) = 229.07$ m.

وطول المسار عند T_2 يساوى : $= 1907.00 + 2 \times 120 + 229.07 = 2376.07$ m.

(c) ولتعيين الزوايا من المعادله 5-28 وهي ($\theta_1/\theta = l_1^2/L^2$) ،

$$\theta = \frac{\Phi}{3} = \frac{L}{6R} = \frac{120}{6 \times 400} \text{ rad} \cdot \text{(زوايا قطريه)}$$

$$\theta'' = \frac{120 \times 206\ 265}{6 \times 400} = 10\ 313''$$

ولما كان طول المسار في T_1 يساوى 1907.00م ، فان اول وتر سيكون طوله 3.00 م ليعطي طول مسار مدور round chainage مقداره 1910 م .

$$\therefore \theta_1 = \theta \times (l_1^2/L^2) = 10313'' \times (3^2/120^2) = 0°00'06.5''$$

$$\theta_2 = 10313'' \times (13^2/120^2) = 0°02'01.0''$$

$$\theta_3 = 10313'' \times (23^2/120^2) = 0°06'19.0''$$

بالنسبة للجزء الاخير من الجواب ، راجع فقره 5-2-4 .

مثال 2 ، كان قد تقرر انشاء منحني انتقال من نوع القطع المكافيء التكعيبي cubic parabola من خط الوسط لمستقيم ، وعليه ان يمر بنقطة تبعد 6 م من المستقيم مقاسة عموديا من نقطة على امتداد المستقيم على مسافة 60 م من ابتداء المنحني . رتب في جدول المعلومات اللازمه لانشاء منحني طوله 120 م على فترات مقدارها 15م .
احسب معدل تغيير التعجيل القطرى لسرعة تساوى 50 كم / ساعه . (جامعة لندن)

الحل ، بالامكان فهم هذا السؤال باعتبار الـ 120م هي فقط جزء من طول منحني الانتقال الكلي ، وهكذا فان L هي مجهوله .

من التعبير الخاص بالقطع المكافيء التكعيبي : $y = x^3/6\ RL = c\ x^3$

وعندما : $y = 6$ m. , $x = 60$ m.

$$\therefore c = 1/36000 = 1/6RL$$

وهكذا تستخرج الازاحات الجانبيه باستخدام هذه الكمية الثابته :

$$y_1 = 15^3/36000 = 0.094 \text{ m.}$$
$$y_2 = 30^3/36000 = 0.750 \text{ m.}$$
$$y_3 = 45^3/36000 = 2.531 \text{ m.}$$

وهـكذا . . .

اما معدل تغيير التعجيل القطرى q فيساوى $(V^3/3.6^3RL)$. والان :

$$1/6RL = 1/36000 \quad , \quad \therefore \quad 1/RL = 1/6000$$
$$\therefore \quad q = 50^3/3.6^3 \times 6000 = 0.45 \text{ m/s}^3$$

مثال 3 ، زاوية الانحراف لخطي مسار سكة حديديه ذات قياس 1.435 م مقدارها °24 الى اليمين .
وكان من المفروض ان يصل الخطان بمنحني دائرى بمنحني انتقال عند الدخول والخروج ومن نوع القطع المكافيء التكعيبي على ان لا تزيد نسبة ميل السكه على 1 الى 12 في المنحني المركب . كما ان معدل زيادة اونقصان ميل السكه لا يزيد على 1 سم في 6 م . فاذا كان طول المسار الافقي الى نقطة تقاطع المستقيمين هي 1488.8 م وان السرعة القصوى المسموح بها على المنحني المركب هي 80 كم / ساعه . اوجد :

(a) اطوال المسارات الى كل من نقاط التماس الاربعه .

(b) زاوية الانحراف اللازمه (لاقرب "20) لتعيين اول اربعة اوتاد بعد اول نقطة تماس ، علما بان الاوتاد تثبت كل 30م .

(c) معدل تغيير التعجيل القطرىعلى المنحني عندما تسير عربات القطار بالسرعة القصوىالمسموح بها .

(جامعة لندن)

الحل ،

رجوعا الى الشكل 5-23 يتبين بان نقاط التماس الاربعه هي T_1 و t_1 و t_2 و T_2 . ثم رجوعا الى الشكل 5-22a ، الميل الاضافي superelevation لخطوط السكك محدد ب 0.152م وعليه :

$$AB = 1.435 \text{ m.} \approx CB$$

اذن فالميل الاضافي superelevation : $= AC = \frac{1.435}{12} = 0.120 \text{ m.} = 12 \text{ cm.}$

ومعدل تطبيق هذا الميل يساوى 1 سم الى 6 م .

اذن فان طول منحني الانتقال يساوى L : $L = 6 \times 12 = 72 \text{ m.}$

من الفقره 5-2-3 : $\tan\theta = V^2/127R = 1/12$

$$\therefore \quad 80^2/127R = 1/12 \quad , \quad \therefore \quad R = 604.72 \text{ m.}$$

فمقدار الزحف S يساوى : $S = L^2/24R = 72/24 \times 604.72 = 0.357 \text{ m.}$

طول المماس : $= (R + S)\tan\Delta/2 + L/2$

$= 605.077 \tan 12° + 36 = 164.6 \text{ m.}$

فطول المسار الى T_1 يساوى : $= 1488.8 - 164.6 = 1324.2 \text{ m.}$

وطول المسار الى t_1 : $= 1324.2 + 72 = 1396.2 \text{ m.}$

وهذه هي نهاية منحني الانتقال .

ولايجاد طول المنحني البسيط :

$$2\Phi = \frac{L}{R} = \frac{72}{604.72} = 0.119\ 063 \text{ rad.}$$ (زوايا قطريه)

$$\Delta = 24^\circ = 0.418\ 879 \text{ rad.}$$ (زوايا قطريه)

اذن فطول المنحني :

$$= R\ (\Delta - 2\Phi)$$
$$= 604.72\ (0.418\ 879 - 0.119\ 063)$$
$$= 181.30 \text{ m.}$$

اذن طول المسار الى t_2 يساوي : $= 1396.2 + 181.30 = 1577.5$ m.

وطول المســـــار الى T_2 يساوي : $= 1577.5 + 72 = 1649.5$ m.

(b) فمن طول المسار الى T_1 ، اول وتر يساوي 5.8 م .

$$\theta = \frac{L}{6R} \times 206\ 265 = \frac{72 \times 206\ 265}{6 \times 604.72} = 4093''$$

وتد 1 $$\therefore \theta_1 = \theta \times \frac{l_1^2}{L^2} = 4093'' \times \frac{5.8^2}{72^2} = 27'' = 0^\circ 00' 27''$$

وتد 2 $$\theta_2 = 4093'' \times \frac{35.8^2}{72^2} = 1012'' = 0^\circ 16' 52''$$

وتد 3 $$\theta_3 = 4093'' \times \frac{65.8^2}{72^2} = 3418'' = 0^\circ 56' 58''$$

وتد 4 $\theta_4 = 4093'' =$ (نهاية منحني الانتقال) $= 1^\circ 08' 10''$

(c) $$q = \frac{V^3}{3.6^3 RL} = \frac{80^3}{3.6^3 \times 604.72 \times 72} = 0.25 \text{ m/s}^3$$

مثال 4 ، كان من المقرر استبدال المنحني المركب (AB) و (BC) بقوس واحد مع منحنيي انتقال طول الواحد 100 م في كل نهايه . علما بان طول الوترين (AB) و (BC) هو 661.54 م و 725.76 م على التوالي و طولا نصفا القطرين 1200 م و 1500 م . اوجد نصف قطر القوس ،
(a) اذا استخدمت A كاول نقطة تماس .
(b) اذا استخدمت C كاول نقطة تماس . (جامعة لندن)

الحل ، راجع الشكل 5-12 وافرض ان :

$$T_1 = A,\ t = B,\ T_2 = C,\ R_1 = 1200 \text{ m.},\ R_2 = 1500 \text{ m.}$$

المطلوب في هذا السؤال هو طولا المماسين (AI) و (CI) .

الوتر (AB) يساوي : $$AB = 2R_1 \sin \Delta_1/2$$

$$\therefore \sin \Delta_1/2 = \frac{661.54}{2 \times 1200}, \quad \therefore \Delta_1 = 32^\circ$$

وبنفس الطريقه : $\sin \Delta_2/2 = \frac{725.76}{3000}$, $\therefore \Delta_2 = 28°$

المسافه (At_1) : $At_1 = t_1B = R_1 \tan\Delta_1/2 = 1200 \tan 16° = 344$ m.

المسافه (Bt_2) : $Bt_2 = t_2C = R_2 \tan\Delta_2/2 = 1500 \tan 14° = 374$ m.

$\therefore t_1t_2 = 718$ m.

بواسطة قانون الجيوب في المثلث $(t_1I\ t_2)$:

$t_1I = 718 \sin 28°/\sin 120°$
$= 389$ m.

$t_2I = 718 \sin 32°/\sin 120°$
$= 439$ m.

$\therefore AI = At_1 + t_1I = 733$ m.
$CI = Ct_2 + t_2I = 813$ m.

لايجاد نصف قطر القوس المنفرد :

(a) ابتداء من نقطة التماس A : $AI = (R + S) \tan\Delta/2 + L/2$

حيث : $S = L^2/24R$, $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = 60°$, $L=100$m.

وعليه : $733 = (R + L^2/24R)\tan 30° + 50$

التي منها : $R = 1182$ m.

(b) من نقطة التماس C : $CI = (R + S)\tan /2 + L/2$

$813 = (R + L^2/24R)\tan 30° + 50$

التي منها : $R = 1321$ m.

مثال 5 ، كجزء من مشـــروع تثبيت موقع طريق ، مطلوب توصيل قوسي منحني مركب بمنحني انتقال حـــلزوني تكعيبي .
المطلوب تصميم المنحني لاستيعاب سرعة 100 كم / ساعه باستخدام معامل شورتز Shortt's factor مقداره 0.3م/ ثانيه تكعيب . عــلما بان طول نصف قطر اول قوس للمنحني المركب هو 300 م يعقبه منحني بنصف قطر 500 م .
اوجد طول منحني الانتقال المطلوب الى اقرب 10 م ، وباستخدام نظرية دائرة التماس رتّب كافة المعلومات اللازمه في جدول ، لتعيين اول ثلاثة اوتاد على الحلزون وعلى مسافات مقدارها 20م (لم يؤخذ بنظر الاعتبار مبدأ المسار الافقي الفعلي through chainage basis) . علما بان المستقيمين يبقيان ثابتان و يبدأ الانشاء من المنحني ذي نصف القطر الاصــغر .
ما هو الاختلاف الذي قد يظهر في الحسابات اذا كان الابتداء من المنحني ذي نصف القطر الاكبر ؟

الحل ، راجع الشكل 5-30 :

من معامل شورتز :
$$q = \frac{V^3}{3.6^3 \; R \; L}$$

وعليه :
$$L_1 = \frac{V^3}{3.6^3 \; R_1 \; q} = 238 \text{ m.}$$

$$L_2 = \frac{V^3}{3.6^3 \; R_2 \; q} = 143 \text{ m.}$$

$\therefore L = L_1 - L_2 = 95 = 100$ m. (الى اقرب 10م)

اما الزحف S Shift ،

$$S = P_1P_2 = (S_1 - S_2)$$

حيث :

$$S_1 = L_1^2/24 \; R_1 = 7.867 \text{ m.}$$

$$S_2 = L_2^2/24 \; R_2 = 1.704 \text{ m.}$$

$$\therefore S = 6.163 \text{ m.}$$

ولاجل حساب الزوايا θ بواسطة دائرة التماس لاوتار طول الواحد منها 20 م :

$$\Phi = \frac{L_1R_2 - L_2R_1}{2R_1R_2} = 0.253\,667 \text{ rad.}$$

$$\theta = \Phi/3 = 17\,441''$$

$$\therefore \theta_1 = 17\,441'' \times \frac{20^2}{100^2} = 0°11'38''$$

$$\theta_2 = 17\,441'' \times \frac{40^2}{100^2} = 0°46'31''$$

$$\theta_3 = 17\,441'' \times \frac{60^2}{100^2} = 1°44'39''$$

اما زوايا الانشاء من الوترالى دائرة التماس δ_1 :

$$\delta_1 = 1718.9 \times C/R_1 = 1°54'36''$$
$$\delta_2 = \quad = 3°49'12''$$
$$\delta_3 = \quad = 5°43'48''$$

اذن زوايا الانشاء الى منحني الانتقال :

θ	δ	زوايا الانشاء ($\delta-\theta$)
0° 11′ 38″	1° 54′ 36″	1° 42′ 58″
0° 46′ 31″	3° 49′ 12″	3° 02′ 41″
1° 44′ 39″	5° 43′ 48″	3° 59′ 09″

فلو كان المنحني قد ابتدأ من النصف القطر الاكبر :

a) تحتسب δ باستخدام R_2 .

b) ستكون زوايا الانشاء ($\delta+\theta^2$) ، شكل 5-30 .

مثال 6 ، من المقرر ايصال مستقيمان، زاوية انحرافهما 32° بواسطة منحني انتقال من النوع: ($\lambda = a(\Phi)^{\frac{1}{2}}$)

حيث λ هي المسافة على طول المنحني و Φ هي الزاويه بين المماس والمستقيم الاصلي و a هي كمية ثابته . كان للاقواس ان تسمح بميل اضافي مقداره 150 ملم لخط حديدي عرضه 1.435م . علما بان الخطين هما افقيان وان مقدار الميل من الاستقامه الى الميل الاضافي الكامل full cant هو 1 الى 500 .

ادرج المعلومات في جدول لاجل انشاء المنحني على مسافات مقدارها 15 م اذا علمت بان النسبة بين الوتر والمنحني لـ 16° هي 0.9872 .

اوجد السرعة التصميميه لهذا المنحني . (جامعة لندن)

الحل ، رجوعا الى الشكل 5-25 ،

الميل الاضافي يساوي 0.150 م ، ومعدل تطبيقه هو 1 الى 500 . وعليه : $L=500 \times 0.150 = 75$ m.

وحيث ان المنحني باكمله انتقالي ،

$$\Phi = \Delta/2 = 16°$$

اذن من ($\Phi = L/2R$) فان :

$$R = 134.3 \text{ m.}$$

ومن نسبة الوتر الى المنحني :

$$T_1t = 75 \times 0.9872 = 74 \text{ m. (الوتر)}$$

$$\therefore \quad X = T_1t \cos\theta = 73.7 \text{ m.} \quad (\theta = \Phi/3)$$

$$Y = T_1t \sin\theta = 6.9 \text{ m.}$$

اذن فان طول المماس يساوي :

$$= X + Y \tan\Phi$$

$$= 73.7 + 6.9 \tan 16° = 75.7 \text{ m.}$$

وعليه فان زوايا الانشاء :

$$\theta_1 = 5°20'00'' \times \frac{15^2}{75^2} = 12'48''$$

$$\theta_2 = 5°20'00'' \times \frac{30^2}{75^2} = 51'12''$$

وهكذا بنفس الطريقه حتى θ_5 .

اما بالنسبة للسرعة التصميميه ، فمن الشكل 5-22a :

$$\tan\theta \approx \frac{AC}{CB} = \frac{0.150}{1.435} = \frac{V^2}{R\,g}$$

منها :

$$V = 11.8 \text{ m/s} = 42 \text{ Km./h.}$$

تمـــارين

(1) تقرر امرار خط الوسط لطريق خلال منطقة مزدحمه بالبناء حيث يتقاطع الخطان المستقيمان للطريق $(T_2I)(T_1I)$ بزاوية انحراف مقدارها 45 وانه من المقرر ايصالهما بقوس دائرى وحلزون انتقالي بطول 100 م عند كل نهايه ، بحيث كان يجب ان يمر الحلزون من T_1 بين بنايتين حيث تقع نقطة العبور على مسافة 70 م على طول خط الحلزون من T_1 و 1 م من المستقيم اذا قيست عموديا عليه .
اوجد كافة المعلومات الضروريه لانشاء اول حلزون على مسافات مقدارها 30م . ثم اوجد :
(a) اول ثلاثة زوايا لانشاء القوس الدائرى اذا اريد ان ينشأ بعشرة اوتار متساويه .
(b) السرعة التصميميه و معدل تغيير التعجيل المركزى، اذا علمت ان النسبة العمركزيه تساوى 0.10 .
(c) اعـلى ارتفاع اضافي لطريق بعرض 10م .

(الجواب : (R=572 m.) و $(T_1I=237.23\ m.)$ و $(\theta_1=9'01'')$ و $(\theta_2=36'37'')$ و $(\theta_3=1°40'10'')$
(a) (1°44'53") و (5°14'39")(b) 85كم / ساعة 0.23 م/ ثانيه تكعيب (c) 1 م)

(2) منحني دائرى نصف قطره 1800 م يترك مستقيما عند طول مسار 2468 م من نقطة الابتداء ويتصل بمنحني دائرى ثاني ذى نصف قطر 1500 م عند طول مسار 3976.5 م وينتهي الى مستقيم ثاني عند طول مسار 4553.0 م . وكان المفروض ان يستبدل المنحني المركب بآخر ذى نصف قطر مقداره 2200 م مع منحنيي انتقال طول الواحد 100 م عند كل نهايه . اوجد طولي المسارين عند نقطتي التماس الجديدتين والازاحات الجانبيه offsets عند النقاط التي تقسم منحني الانتقال الى اربعة اجـــزاء متســـاويه . (جامعة لندن)

(الجواب : 2114.30 م و 4803.54 م و 0.012 و 0.095 و 0.320 و 0.758 م)

(3) يجب ان يمر منحني دائرى بنقطة P التي تبعد مسافة 70.23 م من نقطة التقاطع I وعلى منصف الزاويه المحصوره بين المستقيمين (IB) و (AI) . ومن المفترض ان يتصل بالمنحني عند كل نهايه منحـني انتقال بطول 200 م ، ويجب ان يمر احدهما بالنقطة التي تبعد 167 م من اول نقطة تماس على طول (AI) و 3.2 م باتجاه عمودى على المستقيم ، كما أن (IB) ينحرف بزاوية 37°54' الى اليمين من امتداد (AI) .
اوجد نصف القطر ورتّب في جدول المعلومات اللازمه لانشاء المنحني الكامل . (جامعة لندن)
(الجواب : (R=1200m) و (AI=IB=512.5 m.) وتحتسب زوايا الانشاء والازاحات الجانبيه بالطرق الاعتياديه)

(4) تتطلب السرعة المحدده لمنحني دائرى نصف قطره 667 م ميلا اضافيا مقداره (1/24) على عرض الطريق البالغ 10 م .
بتطبيق توصيات وزارة النقل حول تطبيق معدلا اضافيا مقداره 1 الى 200 على طول منحني الانتقال ابتداء من المستقيم وانتهاء بالمنحني الدائرى ، اوجد زوايا التماس لانشاء المنحني الانتقالي باوتاد تبعد 15 م عن بعضها ابتداء من نقطة التماس مع المستقيم . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)
(الجواب : (L=83m.) و 2'20" ، 9'19" ، 20'58" ، 37'16" ، 58'13" ، 1°11'18")

(5) منحني دائري نصف قطره 610 م ينحرف بزاوية "00'30°40، تقرر استبداله باخر ذي نصف قطر اصغر لكي يستوعب منحني انتقال طوله 107 م عند كل من نهايتيه بحيث ان انحراف المنحني الجديد عن القديم عند نقطة منتصفهما يساوي 0.46 م باتجاه نقطة التقاطع . اوجد نصف القطر المعدّل على فرض ان بالامكان احتساب الزحف shift بدقة كافيه في نصف القطر القديم . احسب اطوال السكك التي يجب رفعها وطول السكة الجديد الذي يجب وضعه . (جامعة لندن)

(الجواب : نصف القطر المعدّل 590 م ، طول السكه الجديده 521م ، اطوال السكه القديمه 524م)

(6) من المقرر انشاء منحني يصل بين مستقيمين بحيث يكون بكامله انتقاليا وبدون منحني دائري وسطي وان موقع اتصال منحنيي الانتقال يبعد 5 م من نقطة تقاطع المستقيمين الذين ينحرفان عن بعضهما بزاوية 18° . اوجد طول المماسين وقيمة اقل نصف قطر للانحناء . كذلك اوجد السرعه المناسبه للمنحني ومعدل ازدياد التعجيل القطري اذا علمت ان الارتفاع الاضافي قد حدد بـ 1 شاقولي الى 16 افقي . (جامعة لندن)

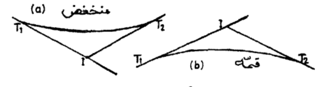
(الجواب : 95 م ، 602 م ، 68 كم/ساعه 0.06 م/ ثانيه تكعيب)

3-5 المنحنيات الشاقوليه (V.C.) VERTICAL CURVES

تستخدم المنحنيات الشاقوليه لتوصيل مستقيمين متقاطعين (ميلين) في المستوى الشاقولي .

1-3-5 نوع المنحني Type of Curve

يستخدم القطع المكافيء البسيط simple parabola عامة لتوصيل كل من منحني المنخفض sag ومنحني القمه summit شكل 5-32 . وهذا هو النوع الوحيد المتخذ هنا .

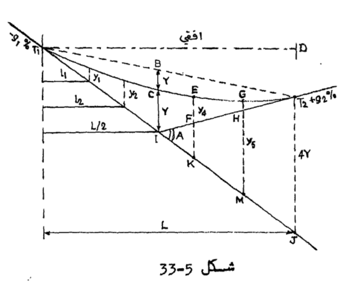


شكل 5-32

بالامكان استخدام القطع المكافئ التكعيبي للمنحنيات الهابطه احيانا بسبب ان العربات التي تسير على المنحنيات الهابطه تتعرض لقوة عمركزيه centrifugal والجاذبية الارضيه بنفس الاتجاه ، وهذا ما يؤدي الى رد فعل اكبر على سطح الطريق ، وعليه تطبق نفس قوانين الانتقال ، كما في حالة المنحنيات الافقيه ، وان هذا النوع قلما يستخدم في الحياة العمليه .

2-3-5 تقريبات متبعه في حسابات المنحني الشاقولي (شكل 5-33)

بالامكان البرهنه رياضيا على التقريبات التاليه ، في حالة ان الميل قليل ، والتي هي الحالة غالبا :



شكل 5-33

(a)
المسافة (T_1D): (بدون خطأ معقول) $T_1D = T_1B\ T_2 = T_1C\ T_2 = T_1I + I\ T_2$

(b) القوس هو بنفس الطول في كل جهة من I :
(بدون خطأ معقول) $T_1C = C\ T_2 = T_1I = I\ T_2 = L/2$

(c) القوس ينصّف (BI) في C . وهكذا : (الازاحه الوسطيه) $BC = CI = Y$

(d) تعتبر كافة المسافات على طول المنحني افقية وكافة الازاحات شاقوليه .

(e) الازاحات من كل ميل على مسافات متساويه من I هي ازاحات متساويه :
$y_1 = GH \quad , \quad y_2 = EF$

(f) تتناسب الازاحات مع مربع مسافاتها (اي ابعادها) من T_1 ، رجوعا الى القانون الاساسي للقطع المكافئ parabola:
$$y = K\ l^2$$
وعليه :
$$y_1/Y = l_1^2/(L/2)^2 \quad \ldots\ldots \quad (5\text{-}31)$$

(g) تسمى $\hat{A}$ الزاويه $(T_2I\ J)$ زاوية الميل grade angle وتمثّل التغير في الميل الذى يعانيه المنحني الشاقولي .

(h) يمثّل الميل بنسب مئويه فهو سالب للميل الهابط وموجب للميل الصاعد . فمثلا :
ميل نازل 1 الى 20 يساوى 5 الى 100 ويساوى : $= -5\% = -g_1\%$
ميل صاعد 1 الى 25 يساوى 4 الى 100 ويساوى : $= +4\% = +g_2\%$
وهكذا تمثّل $\hat{A}$ تغيرا في الميل مقداره (9%) : $9\% = -5\% - (+4) = g_1 - g_2$
آخذين الاشارة بنظر الاعتبار .

(j) من تشابه المثلثات ، اذا كان : $BI = 2Y$
فعليه : $T_2J = 4Y$

5-3-3 عوامل التصميم Design Factor

اهم ناحية في تصميم المنحني الشاقولي هو معدّل تغير الميل Rate of Change of Grade فتتبع نسبة (3%) لمنحنيات القمم و($1\frac{1}{2}\%$) لمنحنيات الوديان . ويجب على الطلبه العمل ابتداء بالمبادئ الاوليه لايجاد طول المنحني المطلوب L ، فمثلا اذا كانت $(g_1 = -2\%)$ و $(g_2 = +4\%)$ عليه تكون $(\hat{A} = 6\%)$.

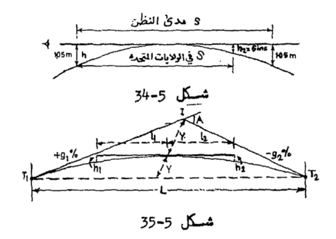
فمعدل تغير الميل في القمم على طول المنحني r يمكن ان يساوى (3 %) اى 3 م لكل 100 م .
فالطول المطلوب للقوس يساوى 200 م . اما في الوديان sags حيث (r = 1½ %) و (L=400) ،
وبوضع هذا التحليل في قانون :

$$L = \frac{100\ A}{r} \quad .... \quad (32-5)$$

كذلك فان مدى الروءيه Sight Distance على منحنيات القمم هو الاعتبار الرئيس في تصميم الطرق ،
وهو طول الطريق المرئي امام السائق ، فبديهيا ولتحقيق الامان يجب ان تكون هذه المسافة اكبر
من المسافة المطلوبه لايقاف العربه .

وهـــذه مسافة التوقيف تعتمد على :

(a) سرعة العربه .
(b) كفاءة الموقف breaking efficiency .
(c) الميل .
(d) معامل الاحتكاك بين الفرمله والطريق .
(e) ظروف الطريق .
(f) فترة رد الفعل للسائق .



شكل 5-34

شكل 5-35

وللتغلب ، بشكل ما ، على هذه الظروف يوءخذ ارتفاع عين السائق فوق سطح الطريق كأنه 1.05 م فقط
(شكل 5-34) ، فهذا الارتفاع h سوف يطبق في الواقع على سيارات السباق التي كفاءة موقفها
عادة تكون جيده ، واللوريات التي ارتفاعها اكثر بكثير وبالتالي سيكون لها مدى روءيه اطول بكثير والذى
تتوقف خلاله . في الولايات المتحده الامريكيه ، ارتفاع العين h_1 يساوى 3.4 قدم (1.05 م).
الى جسم ارتفاعه h_2 يساوى 6 عقده .

ولاستنتاج القانون اللازم ، خذ الحـــالتين التاليتـين :

(a) عندما يكون مدى الروءيه < طول المنحني
(b) عندما يكون مدى الروءيه > طول المنحني

(a) عـندما تكون S $\rangle$ L ، شكل 35-5 :

من المعادله الاساسيه : $y = K \cdot l^2$

$Y = K\,(L/2)^2 \;,\; h_1 = K\,(l_1)^2 \;,\; h_2 = K\,(l_2)^2$

وعـليه : $h_1/Y = l_1^2/(L/2)^2 = 4l_1^2/L^2 \;,\; h_2/Y = 4l_2^2/L^2$

وهكذا : $l_1^2 = h_1 L^2/\,4Y$

ولما كان ($4Y = AL/200$) ، $l_1^2 = \frac{200\,h_1 L}{A} \;,\; l_1 = (h_1)^{\frac{1}{2}} \cdot (\frac{200L}{A})^{\frac{1}{2}}$

وبنفس الطريقه : $l_2 = (h_2)^{\frac{1}{2}} \cdot (\frac{200L}{A})^{\frac{1}{2}}$

$$\therefore\; S = l_1 + l_2 = (\,(h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}}) \cdot (\frac{200L}{A})^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots\ldots (33\text{-}5)$$

كذلك :

$$L = \frac{S^2 A}{200(\,(h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}})^2} \qquad \ldots\ldots (34\text{-}5)$$

عـندما تكون : ($h_1 = h_2 = h$) ،

$$L = \frac{S^2 A}{800h} \qquad \ldots\ldots (35\text{-}5)$$

(b) عندما تكون $L \langle S$ يمكن بنفس الطريقه الاثبات بان :

$$L = 2S - \frac{200}{A}\,(\,(h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}})^2 \qquad \ldots\ldots (36\text{-}5)$$

وعندما : $(h_1 = h_2 = h)$ ،

$$L = 2S - \frac{800h}{A} \qquad \ldots\ldots (37\text{-}5)$$

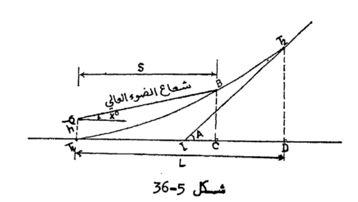
اما عندما (S=L) فالتعويض في اى من المعادلات اعلاه سيعطي الحل الصحيح ،

فمثلا في المعادله 35-5 : $L \;\frac{S^2 A}{800h} = \frac{L^2 A}{800h} = \frac{800h}{A}$

وفي المعادله 37 -5 : $L = 2S - \frac{800h}{A} = 2L - \frac{800h}{A} = \frac{800h}{A}$

ملاحظه للطالب ، اذا لم تعط العلاقه بين S و L في السؤال ، يجب اخذ كلتا الحالتين بنظر الاعتبار ، حيث ان احداهما لا تفي بالجدال الملائم . فبأخذ L $\rangle$ S او L $\langle$ S تـسكون اذن العملية خطـأ .

مدى الضـــوء العـــــالي Head Light Sight Distance ، هو العامل الرئيس في منحنيات الوديان sags حيث تؤخذ حزمة الضوء العالي (المسافة الافقيه S) عموما كأنها 2.5 قدم (0.76 م) فوق سطح الطريق عندما تكون الحزمة مائله بدرجه واحده °1 الى الافق .



شكل 5-36

خذ الشكل 5-36 الذى فيه S > L من معادلة الازاحات :

$$\frac{BC}{T_2D} = \frac{S^2}{L^2} \quad , \quad \therefore BC = \frac{S^2\,(T_2D)}{L^2}$$

ولكن (T_2D) هو الانفراج الشاقولي للميول و يساوى :

$$= \frac{A}{100} \cdot \frac{L}{2}$$

$$\therefore \quad BC = \frac{AS^2}{200L}$$

كذلك :

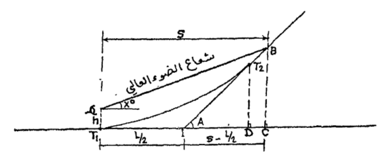
$$BC = h + S \tan x^\circ$$

وحيث تتساوى الكميات فيما بينها اذا ساوت كمية ثابته :

$$\therefore \quad L = S^2 . A\,(200\,h + 200\,S \tan x^\circ)^{-1} \quad \ldots (38\text{-}5)$$

وبتعويض ($x^\circ = 1^\circ$, $h = 0.76$ m.) :

$$L = S^2 . A/(152 + 3.5\,S) \quad \ldots (39\text{-}5)$$



شكل 5-37

وبنفس الطريقه عندما $L < S$ شكل 5-37 :

$$BC = \frac{A}{100}\left(S - \frac{L}{2}\right) = h + S \tan x^{\circ}$$

وحيث تتساوى الكميات فيما بينها اذا ساوت كمية ثابته ،

$$L = 2S - (200h + 200S \tan x^{\circ})/A \quad \ldots\ldots \quad (40\text{-}5)$$

وبتعويض : $x = 1^{\circ}$, $h = 0.76$ m.

$$L = 2S - (152 + 3.5S)/A \quad \ldots\ldots \quad (41\text{-}5)$$

5-3-4 العبور فوق منحني عند نقطة معلومة (شكل 5-38)

شكل 5-38

سوف يتم شرح هذه التقنيه من خلال المثال التالي :

مثال ، ميل هابط مقداره (4 %) يلتقي بميل صاعد مقداره (5%) في منحني انخفاض sag curve .
المنسوب عند ابتداء المنحني يساوى 123.060 م حيث يساوى طول المسار 3420 م ، بينما عند طول مسار مقداره 3620 م هنالك معبرا overpass ذا منسوب 127.060 م للحافة السفلى منه . فاذا كان المفروض بالمنحني المصمم ان يوفر ارتفاعا صافيا مقداره 5 م عند هذه النقطه ، اوجد طول المنحني المطلوب .

الحل ، لايجاد طول الازاحه (CE) offset distance ،

من طول المسار ، المسافة الافقيه (T_1E) تساوى 200 م بميل مقداره (- 4%) .

اذن منسوب النقطه E : $= 123.060 - 8 = 115.060$ m.

منسوب نقطة C : $= 127.060 - 5 = 122.060$ m.

اذن الازاحه (CE) تساوى 7.000 م .

من قانون الازاحه : $CE/T_2B = (T_1E)^2/(T_1B)^2$

ولكن (T_2B) يساوى الانفراج الشاقولي ويساوى $(\frac{A}{100} \cdot \frac{L}{2})$ حيث $(A = 9)$.

$$\therefore \quad CE = \frac{AL}{200} \times \frac{200^2}{L^2} = \frac{1800}{L}$$

$$\therefore \quad L = 257 \text{ m.}$$

5-3-5 لايجاد طول المسار الافقي chainage لاعلى ولاوطأ نقطة على المنحني .

رجوعا الى الشكل 5-38 ، اذا اعتبر لحد ان المنحني موءلف من سلسله من خطوط مستقيمه ، فالميل عند T_1 للخط هو (-4%) يتغير بالتدريج على طول المنحني حتى يصل $(+5\%)$ عند T_2 . وعليه فهناك تغير في الميل مقداره (9%) خلال مسافة L . حيث سيكون الميل عند اوطأ نقطة افقيا بعد ان كان لتوه قد اجتاز الميل (-4%) من T_1 . وعليه فطول المسار لاوطأ نقطة من بداية المنحني هي ، بواسطة عملية النسبة البسيطه ، D :

$$D = \frac{L}{9\%} \times 4\% = \frac{L}{A} \times g_1$$

والتي في المثال السابق تساوى :

$$= \frac{257}{9\%} \times 4\% = 114.24 \text{ m.} (\text{من } T_1)$$

وعليه بمعرفة طول المسار chainage يمكن ايجاد الازاحه ومنسوب المنحني عند تلك النقطه .

6-3-5 نصف قطر القوس الشاقولي Vertical Curve Radius

التعجيل الشاقولي الذى تعانيه عربه عند السير على منحني شاقولي هو :

$= (0.66\ V^2 \div R)$ m/s^2 (متر/ثانيه تربيع)

هنالك اعلى قيمة مسموح بها للتعجيل وهي 0.46 م/ثانيه تربيع التي يجب عدم تجاوزها . وهكذا بالنسبه لاية سرعة تصميميه V هناك نصف قطر ادنى وجداول وزارة النقل (M.O.T) المتوفره لتعطي R وما يقابلها من V . وحيث ان منحني قطع المكافيء parabolic curve يتقرب الى قوس دائرى ذى نصف قطر كبير فانه من المحتمل ، وبعد الحصول على القيمة المطلوبه لـ R ، ان يتحول الى الطول المطلوب L من منحني القطع المكافيء من المعادله :

$$L = \frac{AR}{100} \qquad \ldots\ldots (42\text{-}5)$$

وبطريقة اخرى ، فبعد الحصول على L ، بالامكان ايجاد نصف قطره R ليصبح بالامكان رسمه على المقطع الطولي باستخدام منحنيات خطوط السكك الحديديه . مع ذلك ، وحيث ترسم المقاطع عموما بمقاييس مشوهه ، يجب تطبيق مقياس لنصف القطر radius scale مقداره (H^2/V) حيث H هو المقياس الافقي و V المقياس الشاقولي ، وهكذا فان رقم منحني سكة الحديد يساوى :

$$= R \div H^2/V \qquad \ldots\ldots (43\text{-}5)$$

فاذا كانت R بالانجات فان رقم المنحني سيكون بالانجات كما هو حاليا ، واذا بالمليمترات فان رقم المنحني سيكون بالمليمترات (راجع فقره 5-3-7) .
يجب على الطالب ملاحظة ان المنحنيات الشاقوليه يجب دائما ان تحتسب . من اسلوب تطبيق منحنيات خطوط سكك الحديد على المقاطع ذوات المقياس المشوه ثم قياس الاحداثيات ينتج منحنيا ليس هو دائري ولا هو قطع مكافيء ، وهكذا فاستخدام منحنيات سكك الحديد هو لمجرد بيان موقع المنحني على المقطع . وسيجرى الان حل مثال لشرح تطبيق هذه المبادئ .

مثال ، المطلوب ان يوصل منحني طوله 100م ميلا هابطا نسبته (75%) بميل صاعد نسبته (25%)، فاذا كان منسوب نقطة تقاطع الميلين هو 150.000 م ، اوجد :
(1) مناسيب المنحني على مسافات مقدارها 20 م مبينا التحقيق الحسابي الثاني للفرق .
(2) موقع و منسوب اوطأ نقطة على المنحني .

الطريقه ،

(a) اوجد قيمة الازاحه الوسطيه Y .
(b) احسب الازاحات .
(c) اوجد المناسيب على الميول .
(d) اجمع / اطرح (b) من (c) للحصول على مناسيب المنحني .

(a) رجوعا الى الشكل 5-33 .

زاوية الميل A تساوى : $= (- 0.75 - 0.25) = 1 \%$
و هذه يمكن ملاحظتها تلقائيا .

$$L/2 = 50 \text{ m.}$$

وحيث ان الميلين (IT_2) و (IJ) يتفرجا بمعدل (1%) (اى 1 م لكل 100م) في 50 م،
عليه : $T_2J = 0.5 \text{ m.} = 4Y , \quad Y = 0.125 \text{ m.}$
بالامكان اجراء الحساب ذهنيا بسرعه من قبل الطالب .
وبوضع الفكره اعلاه بشكل قانون تعطي : $4Y = \frac{A}{100} \cdot \frac{L}{2}$

$$\therefore \quad Y = \frac{AL}{800} \qquad \ldots\ldots (5\text{-}44)$$

(b) الازاحات من المعادله 5-31

هنالك طريقتان للحلّ .
(1) بالامكان احتساب الازاحات من ميل واحد ، اى y_1 و y_2 و (EK) و (GM) و (T_2J) من الميل (T_1J) .
(2) احسب الازاحات من ميل واحد ، قل (T_1T) ، فستكون الازاحات متماثله على الجهة الاخرى من الميل الاخر (IT_2) .
تفضل الطريقه (1) بسبب الاحتمال الاقل للخطأ عند احتساب مناسيب المنحني على مسافات ثابته وعند احتساب الميل الهابط (T_1J) .

من المعادلة (5-31) :

	الفرق الاول	الفرق الثاني
$T_1 = \quad 0\ m$		
	0·020	
$y_1 = 0{\cdot}125 \frac{20^2}{50^2} = 0{\cdot}020$ m		0·040
	0·060	
$y_2 = 0{\cdot}125 \frac{40^2}{50^2} = 0{\cdot}080$ m		0·040
	0·100	
$y_3 = 0{\cdot}125 \frac{60^2}{50^2} = 0{\cdot}180$ m		0·040
	0·140	
$y_4 = 0{\cdot}125 \frac{80^2}{50^2} = 0{\cdot}320$ m		0·040
	0·180	
$y_5 = T_2J = 4Y = 0{\cdot}500$ m		

يجب تطبيق التحقيق الحسابي الثاني للفرق قبل البدء باية حسابات اخرى .

(c) اولا اوجد المنسوب في T_1 من المنسوب المعلوم عند I .
المسافه من I الى T_1 تساوى 50م ، والميل يساوى 0.75% (اي 0.75 م لكل 100 م) .
اذن الارتفاع بالمنسوب من I الى T_1 يساوى : $= 0.75/2 = 0.375\ m.$
المنسوب عند T_1 يساوى : $= 150.000 + 0.375 = 150.375\ m.$
والان تحتسب المناسيب على فترات مقدارها 20 م على طول (T_1J) حيث ان الانخفاض يساوى 0.15 م في 20م . وهكذا يكون بالامكان عمل الجدول التالي :

طول المسار	مناسيب الميل	ازاحات	مناسيب القوس	ملاحظات
0	150·375	0	150·375	T_1 بداية المنحنى
20	150·225	0·020	150·245	
40	150·075	0·080	150·155	
60	149·925	0·180	150·105	
80	149·775	0·320	150·095	
100	149·625	0·500	150·125	T_2 نهاية المنحنى

موقع اوطأ نقطة على المنحني : (من T_1) $= \frac{100\ m.}{1\ \%} \times 0.75\% = 75\ m.$

اذن الازاحه في هذه النقطه تساوى y_2 : $y_2 = 0.125 \times (75/50)^2 = 0.281\ m.$
منسوب المماس على بعد 75 م من T_1 يساوى : $= 150.375 - 0.563 = 149.812 m.$
اذن منسوب المنحني يساوى : $= 149.812 + 0.281 = 150.093\ m.$

جدول 3-5

جدول تصميم II (بالامتار) (يفوق جدول تصميم II انشاء الطرق في المناطق الخارجيه) ارتفاع العين والجسم 1.05 متر

عرض الطريق بالامتار.	السرعة التصميمية. كم/ساعه km/h	القدره التصميميه. p.c.us/day للمناطق الخارجيه	اصغر مدى رؤيه للوقوف. امتار Metres	اصغر مدى رؤيه للعبور مرور واحد فقط امتار Metres	اصغر نصف قطر مرغوب امتار Metres	اصغر نصف قطر مطلق باعلى ارتفاع اضافي مقداره 7% امتار Metres	اصغر نصف قطر للمنحنيات بدون منحنيات انتقال. امتار Metres	قيم K لمدى الرؤيه للوقوف للقمم (انظر ملاحظه 2 للطرق الخارجيه) (انظر ملاحظه 3)	قيم K لمدى الرؤيه للوقوف للمنحنيات الهابطه. (انظر ملاحظه 1) (انظر ملاحظه 3)	قيم K لمدى الرؤيه للقمم في الطرق الخارجيه ذات الممر الواحد. (انظر ملاحظه 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
مزدوج 14.60 m	120	66 000	300	—	1000	510	1500	105	75	—
مزدوج 11.00 m	120	50 000	300	—	1000	510	1500	105	75	—
مزدوج 7.30 m	120	33 000	300	—	1000	510	1500	105	75	—
10.00 m	100	15 000	210	450	650	350	1350	50	50	240
7.30 m	100	9 000	210	450	650	350	1350	50	50	240
7.30 m	80	9 000	140	360	400	230	1200	25	30	150
—	60	—	90	270	250	130	600	10	20	90

ملاحظات :

1- مدى الرؤيه للوقوف في منحنيات الوديان هي تلك المديات المطلوبه لكي يكشف شعاع الضوء العالي جسمًا على الطريق .

2- حيث يكون ممكنا اقتصاديا يجب زيادة قيمة K للقمم الى 175 متر في الطرق الخارجيه .

3- لايجاد طول القوس الشاقولي بالامتار اضرب ناتج الطرح الجبري للميول بقيمة K معطياً الاعمده (9) و (10) او (11) بالنسبة لسرع تصميميه حيثما يكون ذلك ملائمًا .

قدِّم برخصه من مدير السيطره لمكتب قرطاسية صاحبة الجلاله*

* يقصد المؤلف ملكة بريطانيا

عمليـــا ، تصمـم الاقواس الشاقوليه باستخدام جدول التصمــيم II (مترى) لمد الطرق الخارجيه (جدول 5-3) الذى يؤمن متطلبات التصميم لمختلف ظروف السرعه في المناطق الخارجيه ، كذلك باستخدام متطلبات التصمـيم القياسيه للطرق في المناطق المزدحمه . مع ذلك يبقى معدل تغير الميل الميزة الاساسيه المستخدمه ، ويجهز في الجدول بانه قيمة K . فعلى سبيل المثال (في الفقره 5-3-3) يستنتج قانون ايجاد طول القوس L باستخدام معدّل تغير الميل r كما يلي :

$$L = \frac{100\ A}{r} \qquad \ldots\ldots \quad (32\text{-}5)$$

وبوضــع (K=100/r) فان : $L = K \cdot A$

فالتطبيق المكتبي هو اذن :

(a) التصمــيم : (1) اوجد زاوية الميل (الفرق الجبرى للميول) A .

(2) خذ قيمة مناسبه لـ K من الجدول II .

(3) طول القوس الشاقولي L ، يساوي (L=KA) .

(4) احسب الازاحات والمناسيب بالطريقة الاعتياديه .

(b) الرســم : لاختيـار منحـني سكة الحديد الصحيح لاجل رسم المنحني الشاقولي في المقطع الطولي :

(1) اوجد نصف القطر المساوى R للمنحني الشاقولي من : $R = 100L/A = 100K$

(2) رقم منحني سكة الحديد بالمليمترات يساوى : $= R\ mm. \times V/H^2$

فاذا كان المقياس الافقي للمقطع هو فرضا (1/500) عليه : $H = 500$

واذا كان المقياس الشاقولي للمقطع هو فرضا (1/200) عليه : $V = 200$

واذا كانت منحنيات سكة الحديد المستخدمه لاتزال بالانجات فببساطه ، ادرج R بالانجات ايضا .

امثـلة محـلوله

مثال 1 • يتألف طول طريق منفذ من ميل صاعد نسبته 1 الى 20 يعقبه منحني قمه شاقولي على شكل قطع مكافيء طوله 100 م ومن ثم ميل هابط نسبته 1 الى 40، حيث يوصل المنحني كلي الميلين ماسّـا اياهما ، وان منسوب اعلى نقطه للمنحني يساوى 173.070 م فوق خط الاسناد . وقد تقرر تحسـين مدى الرؤيه فوق هذا الجزء من الطريق بابدال هذا المنحني بمنحني اخر قطع مكافيء بطول 200 م .

اوجد عمق الحفريات المطلوبه عند منتصف المنحني ، ثم رتّب مناسيب النقاط التي تبعد عن بعضها 30 م على المنحني الجديد في جــدول . ما هو مدى الرؤيه على المنحني الجديد لسائق يرتفع مستوى عينيه 1.05 م على مستوى الطريق . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

الحل : اول خطوة هنا هي ايجاد منسوب نقطة ابتداء المنحني الجديد ، ويمكن ايجاد ذلك فقط من المعلومات المتوفره لاعلى نقطه P (شــكل 5-39) .

القوس القديم :

$A = 7.5\ \%\ , \quad L = 100\ m.$

طول مسار لاعلى نقطه P من T_1 يساوى : $= \frac{100}{7.5\ \%} \times 5\ \% = 67\ m.$

المسافه (T_2C) هي انفراج الميلين (7.5 م في 100 م) فوق نصف طول المنحني البالغ 50 م وتساوي:

$$T_2C = 7.5 \times 0.5 = 3.75 \text{ m.} = 4Y$$

اذن الازاحة الوسطية Y : $Y = 3.75/4 = 0.938$ m.

وهكذا فالازاحة (PB) : $PB = 0.938 \times (67/50)^2 = 1.684$ m.

اذن فان منسوب B على المماس يساوي: $= 173.070 + 1.684 = 174.752$ m.

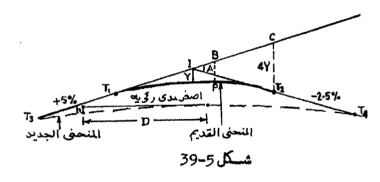
وهذه النقطه تبعد 17 م من I وحيث ان طول المنحني الجديد يساوي 200م فسيكون بعدها 117 م من نقطة الابتداء T_3 للمنحني الجديد .

اذن فمقدار الانخفاض من B الى T_3 للمنحني الجديد يساوي: $= 5 \times 1.17 = 5.850$ m.

اذن منسوب T_3 يســـاوي: $= 174.754 - 5.850 = 168.904$ m.

يتضح بانه لما كانت قيمة A ثابته عندما تضاعف قيمة L ، فان قيمة Y ــ الازاحة الوسطيه للمنحني الجديد ــ ايضا تضاعف لتعطي 1.876 م .

اذن عمق الحفر عند المنتصف يســاوي 0.938 م .



شكل 5-39

	الفرق الاول	الفرق الثاني
	0.169	
$y_1 = 1.876 \times \frac{30^2}{100^2} = 0.169$		0.337
	0.506	
$y_2 = 1.876 \times \frac{60^2}{100^2} = 0.675$		0.339
	0.845	
$y_2 = 1.876 \times \frac{90^2}{100^2} = 1.520$		0.336
	1.181	
$y_4 = 1.876 \times \frac{120^2}{100^2} = 2.701$		0.339
	1.520	
$y_5 = 1.876 \times \frac{150^2}{100^2} = 4.221$		0.337
	1.857	
$y_6 = 1.876 \times \frac{180^2}{100^2} = 6.078$		
$y_7 = 4y \quad = 7.504$		

والان تستخرج المناسيب على طول المماس (T_3C) على فترات طولها 30 م .

ملاحظات	مناسيب المنحني	الازاحات	مناسيب المماس	طول المسار m
T_3 للقوس الجديد	168·904	0	168·904	0
	170·235	0·169	170·404	30
	171·229	0·675	171·904	60
	171·884	1·520	173·404	90
	172·203	2·701	174·904	120
	172·183	4·221	176·404	150
	171·826	6·078	177·904	180
T_4 للقوس الجديد	171·400	7·504	178·904	200

من الشكل 5-39 يمكن بيان ان اقل رؤيه visibility تساوى نصف مدى الرؤيه sight distance وعليه يمكن احتسابها من القانون المناسب . مع ذلك ، اذا اتخذ ارتفاع عين السائق h مساويا 1.05 م كازاحه ، فان :

$$\frac{h}{Y} = \frac{D^2}{(L/2)^2}$$

وهكذا :

$$\frac{1.05}{1.966} = \frac{D^2}{100^2}$$

$$\therefore \quad D = 73 \text{ m.}$$

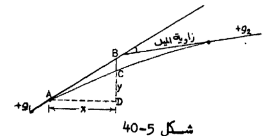
مثال 2 ، ميل صاعد g_1 يعقبه ميل صاعد اخر g_2 (g_2 اقل من g_1) . وقد تم ايصال هذين الميلين بمنحني شاقولي ذى معدل ثابت لتغيير الميل . بين انه في اية نقطة على المنحني ، يعطى الارتفاع y فوق اول نقطة تماس A بموجب المعادله التاليه :

$$y = g_1 x - \frac{(g_1 - g_2)\, x^2}{2L}$$

حيث ان x هي المسافة الافقيه للنقطه من A ، وان L هي المسافه الافقيه بين نقطتي التماس .
اعمل جدولا للارتفاعات فوق A للاوتاد التي تبعد مسافة 100 م ومضاعفاتها من A عندما :

$$g_1 = +5\,\% \;, \quad g_2 = +2\,\% \;, \quad L = 1000 \text{ m.}$$

على اية مسافة افقية من A يكون الميل مساويا (+3%) ؟ (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)



شكل 5-40

الحل ، في الشكل 5-40 ، من قانون الازاحات :

$$\frac{BC}{Y} = \frac{x^2}{(L/2)^2}$$

$$\therefore \quad BC = Y \cdot \frac{4\,x^2}{L^2}$$

ولكن :

$$Y = \frac{AL}{8} \text{ (محطه) } = \frac{(g_1-g_2)\ L}{8}$$

$$\therefore BC = \frac{(g_1 - g_2)\ L \cdot 4L^2}{8L^2} = \frac{(g_1 - g_2)\ x^2}{2L} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

والان :

$$BD = g_1\ x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

وهـكذا ، وحيث :

$$y = BD - BC = g_1 x - \frac{(g_1 - g_2)\ x^2}{2L}$$

فباستخدام المعادله اعلاه (التي هي صحيحة فقط اذا كانت المسافات الافقيه x و L مقاسة بالمحطات ، والمحطة تساوى 100 م) :

$$y_1 = 5 - \frac{3 \times 1^2}{20} = 4.85\ m.$$

$$y_2 = 10 - \frac{3 \times 2^2}{20} = 9.40\ m.$$

$$y_3 = 15 - \frac{3 \times 3^2}{20} = 13.65\ m.$$

وهـــكذا . . .

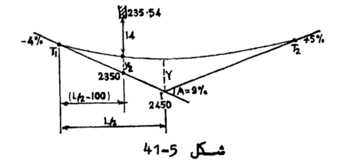
زاوية الميل تساوى (3%)في 1000 م

تغير الميل من (5%)الى (3%) يساوى (2%)

اذن المســـافه تساوى :

$$= \frac{1000}{3\ \%} \times 2\ \% = 667\ m.$$

<u>مثال 3</u> ، ميل هابط مقداره (4%) يلتقي بميل صاعد مقداره (5%) عند طول خط مسار 2450.00 م ومنسوب 216.420 م . وكان منسوب السطح السفلي لجسر يساوي235.540 م عند طول مسار مقداره 2350.00 م . وكان من المقرر ايصال الميلين بمنحني على شكل قطع مكافيء شاقولي ليعطي ارتفاعا صافيا مقداره 14 م تحت الجسر . ادرج المناسيب على فترات مقدارها 50 م ومضاعفاتها على طول المنحـــني .



شـكل 5-41

الحل ، لايجاد الازاحه للمنحـــني عند الجســر ، شـكل 5-41 .

المنسوب على الميل عند طول مســار 2350 م : $= 220.42$ m. $= 216.42 + 4$

المنسوب على المنحني عند طول مسار 2350 م : $= \underline{221.54\ m.}$ $= 235.54 - 14$

اذن الازاحه عند المسار 2350م ، تســاوى : $y_2 = 1.12$ m.

من قانون الازاحات :

$$\frac{y_2}{Y} = \frac{(L/2 - 100)^2}{(L/2)^2}$$

حيث :

$$Y = \frac{AL}{800} \quad , \quad A = 9\ \%$$

$$\frac{1.12 \times 800}{9L} = \left(1 - \frac{200}{L}\right)^2$$

وبتعويض $\left(x = \frac{200}{L}\right)$:

$$1.12 \times 4x = 9\,(1 - x)^2$$

التي منهـا :

$$x^2 - 2.5\,x + 1 = 0$$

وهذه تعطي $(x = 2)$ او $(x = 0.5)$.

اذن L تسـاوى 400 متر ، حيث ان $(x = 2)$ غير محتمله .

والان :

$$Y = \frac{9 \times 400}{800} = 4.5\ m.$$

التي منها تستخرج بقية الازاحات كما يلي :-

عند طول مسار 50 م تكون الازاحه y_1 :

$$y_1 = 4.5 \times \frac{50^2}{200^2} = 0.28\ m.$$

عند طول مسار 100 م تكون الازاحه y_2 :

$$y_2 = 4.5 \times \frac{100^2}{200^2} = 1.12\ m.$$

عند طول مسار 150 م تكون الازاحه y_3 :

$$y_3 = 4.5 \times \frac{150^2}{200^2} = 2.52\ m.$$

عند طول مسار 200م تكون الازاحـه Y :

$$Y = 4.50\ m.$$

ولاجل توضيح الطريقة الاخرى، فانه بالامكان اعادة هذه الازاحات على الميل الثاني، عند : $(y_3 = 250m.)$ و $(y_2=300m.)$ و $(y_1=350m.)$ ، وسوف تحتسب الان المناسيب على طول كل ميل من I الى T_1 والى T_2 على التوالي .

طول المسار	مناسيب الميـل	ازاحات	مناسيب المنحنى	ملاحظات
0	224·42		224·42	T_1 بداية المنحنى
50	222·42	0·28	222·70	
100	220·42	1·12	221·54	
150	218·42	2·52	220·94	
200	216·42	4·50	220·92	I وسـط المنحنى
250	218·92	2·52	221·44	
300	221·42	1·12	222·54	
350	223·92	0·28	224·20	
400	226·42		226·42	T_2 نهاية المنحنى

مثال 4 ، منحني شاقولي على شـكل قطع مكافئ طوله 150 م يوصل ميلا صاعدا نسبته 1 الى 100 بميل هابط نسبته 1 الى 50 . فاذا اخذت نقطة التماس T_1 بين الميل الاول والقوس كمرجـع ، اوجد مناسيب النقاط التي تقع على فترات مقدارها 25 م على طول القوس حتى يلتقي بالميـل

الثاني عند T_2 . ايضا اوجد منسوب القمّة معطيا المسافه الافقيه لهذه النقطه من T_1 .

اذا كان جسم ارتفاعه 75 ملم واقعا على الطريق بين T_1 و T_2 على مسافة 3 م من T_2 ، وكانت سيارة تقترب من اتجاه T_1 . اوجد موقع السياره عندما يرى سائقها الجسم لاول مرة ، اذا كان ارتفاع عينيه 1.05 م فوق مستوى سطح الطريق . (جـــامعة لندن)

<u>الحـــل</u> : <u>لايجـــاد الازاحــــات</u> :

$A = 3\ \%\ ,\ \therefore\ 4Y = \frac{L}{200} \times 3\ \%$

$= 2.250\ m.\ ,\ Y = 0.562\ m.$

$\therefore\ y_1 = 0.562 \times \frac{25^2}{75^2} = 0.062$ $\qquad y_4 = 0.562 \times \frac{100^2}{75^2} = 1.000$

$y_2 = 0.562 \times \frac{50^2}{75^2} = 0.250$ $\qquad y_5 = 0.562 \times \frac{125^2}{75^2} = 1.562$

$y_3 = 0.562 \times \frac{75^2}{75^2} = 0.562$ $\qquad y_6 = 4Y = 2.250$

وان تحقيقات ثانيه للفرق ســـوف تؤكـــد هذه القيـــم .

والان باعتبار T_1 مرجعا (او نقطة اسناد) تحتسب المناسيب على فترات مقدارها 25 م لل 150 م طول على طول الميل 1 الى 100 (1 %) .

طول المسار	مناسيب الميــل	الازاحات	مناسيب المنحنى	الملاحظات
0	100·000	0	100·000	بداية المنحنى T_1
25	100·250	0·062	100 188	
50	100·500	0·250	100·250	
75	100·750	0·562	100·188	
100	101·000	1·000	100·00	
125	101·250	1·562	99·688	
150	101·500	2·250	99·250	نهاية المنحنى T_2

المسافة الى اعلى نقطه من T_1 : $= \frac{150}{3\ \%} \times 1\ \% = 50\ m.$

<u>مـدى الرؤيه</u> S ($S < L$)

من المعادله 5-33 : $S = ((h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}}) \cdot (\frac{200L}{A})^{\frac{1}{2}}$

فعـــندما : $h_1 = 1.05\ m.\ ,\ h_2 = 0.075\ m.$

$\therefore\ S = 130\ m.$

فالسيارة اذن هي على بعد 17 م من T_1 وهي بين T_1 و T_2 .

مثال 5 ، ميل طريق نسبته 1 الى 60 هابطا يتبعه ميل صاعد مقداره 1 الى 30 . وقد تمت تسوية الوادي المتكونه بواسطة منحني دائرى نصف قطره 1000 م في المستوى الشاقولي . واذا امتد الميلان فانهما سيلتقيان في نقطة منسوبها 299.650 م وذات طول مسار مقداره 4020 م.

هناك مقترح لتحسين الطريق بادخال منحني اطول على شكل قطع مكافئ parabola .

ولاجل تحديد كمية الردم فقد تقرر بان يكون منسوب المنحني الجديد 3.000 م فوق السطح الاصلي عند المسار 4020 م . اوجد : (a) طول المنحني الجديد (b) مناسيب نقاط التماس (c) مناسيب نقاط الربع (d) طول المسار الى اوطأ نقطه على المنحني الجديد . (جامعة لندن)

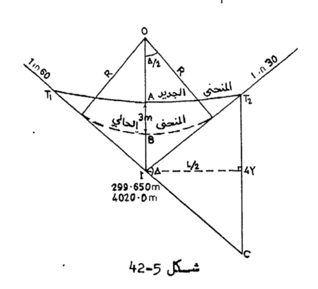
الحـــل ، لايجاد الازاحة الوسطيه Y للمنحني الجديد ، شـكل 5-42 ،

من معلومات المنحـــني البســـيط : $\Delta = \cot 60^\circ + \cot 30^\circ = 2^\circ 51' 51''$

والان : $BI = R (\sec \Delta/2 - 1) = 0.312$ m.

فالازاحة الوسطية (AI) اذن تســـاوى : $AI = Y = 3.312$ m.

ثم : $T_2C = 4Y = 13.248$ m.



شـكل 5-42

لايجـــاد طول المنحـــني الجـــديد ،

الميل 1 الى 60 يساوى (1.67%) والميل 1 الى 30 يساوى (3.33%).

اذن فزاوية الميل Δ : $\Delta = 5\%$

(a) فمن المثلث (T_2I C) : $L/2 = \dfrac{13.248}{5} \times 100$

$\therefore L = 530$ m.

(b) الارتفاع من I الى T_1 : $= 1.67 \times 2.65 = 4.426$ m.

اذن فالمنسوب في T_1 : $= 299.650 + 4.426 = 304.076$ m.

الارتفاع من I الى T_2 : $= 3.33 \times 2.65 = 8.824$ m.

اذن فالمنســـوب عـــند T_2 : $= 299.650 + 8.824 = 308.474$ m.

(c) المناسيب عند نقاط الربع .

تقع اول نقطة ربع على مسافة 132.5 م من T_1 .

اذن المنسوب على الميل : $= 304.076 - (1.67 \times 1.325) = 301.863$ m.

والازاحه : $= 3.312 \times (\frac{1}{2})^2 = 0.828$ m.

اذن منسوب المنحني : $= 301.863 + 0.828 = 302.691$ m.

ثاني نقطة ربع تقع على مسافة 397.5 م

اذن المنسوب على الميل : $= 304.076 - (1.67 \times 3.975) = 310.714$ m.

الازاحه : $= 3.312 \times (3/2)^2 = 7.452$ m.

اذن منسوب المنحني : $= 310.714 + 7.452 = 318.166$ m.

(d) موقع اوطأ نقطه على المنحني من T_1 : $= \frac{530}{5\ \%} \times 1.67\ \% = 177$ m.

فطول المسار عند T_1 : $= 4020 - 265 = 3755$ m.

طول المسار عند اوطأ نقطه : $= 3755 + 177 = 3932$ m.

تمارين

(1) منحني شاقولي طوله 120 م على شكل قطع مكافئ ، من المقرر ان يوصل ميلا هابطا نسبته 1 الى 200 بميل صاعد نسبته 1 الى 300 ، فاذا كان منسوب نقطة تقاطع الميلين 30.360 م .
اوجد المناسيب على فترات مقدارها 15 م على طول المنحني .
اذا كان ارتفاع الضوء العالي لسياره 0.375 م فوق مستوى سطح الطريق ، فعلى بعد اية مسافه سوف يلامس الشعاع الطريق عندما تكون السياره في بداية المنحني . افرض بان الشعاع يكون افقيا عندما تكون السيارة على سطح مستوى . (جامعة لندن)
(الجواب : 30.660 و 30.594 و 30.504 و 30.486 و 30.477 و 30.489 و 30.516 و 30.558 و 103.80 م)
(2) طريق ذو ميل صاعد مقداره 1 الى 15 متصل بميل نازل مقداره 1 الى 20 بواسطة منحني شاقولي على شكل قطع مكافئ طوله 120 م . اوجد مدى الرؤيه التي بامكان هذا المنحني توفيرها لسائقين متقابلين قادمين والتي ترتفع عينيهما 1.05 م فوق سطح الطريق .
كجزء من مشروع لتحسين الطريق فقد تقرر انشاء منحني شاقولي جديد وعلى شكل قطع مكافئ ايضا ليحل محل القديم وبحيث ان الرؤيه تزداد الى 210 م لنفس ارتفاع عيني السائقين .
اوجد : (a) طول المنحني الجديد .
(b) المسافة الافقيه بين نقاط التماس القديمه والجديده على الميل 1 الى 15 .
(c) المسافة الافقيه بين القمم للمنحنيين .
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)
(الجواب : 92.94 م (a) ، 612 م (b) ، 246 م (c) 35.7 م)

(3) تقرر تصميم منحني شاقولي منخفض sag curve على شكل قطع مكافيء لتوصيل ميل هابط نسبته 1 الى 20 بميل صاعد نسبته 1 الى 15 ، حيث ان طول المسار والمنسوب لنقطة تقاطع الميلين هما 797.70 م و 83.544 م على التوالي . ولاجل تأمين ارتفاع السقف الضروري توجب ان يكون المنسوب للمنحني عند طول مسار 788.70 م على جهة الميل الهابط من نقطة التقاطع هو 85.044 م . اوجد :

(a) المناسيب reduced levels واطوال المسارات لنقاط التماس ولاوطأ نقطة على المنحني .

(b) المناسيب لاول وتدين على المنحني ، علما بان الاوتاد قد ثبتت على فترات مقدارها 30 م للمسار الافقي . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(الجواب : (a) T_1 745.24 م و 86.166 م ، T_2 850.16 م و 87.042 م ، اوطأ نقطه 790.21 م و 85.041 م ، (b) 85.941 م و 85.104 م)

(4) يتألف سطح طريق مقترح من ميل صاعد نسبته (2%) يعقبه ميل هابط بنسبة (4%) متصلان بمنحني قمة شاقولي على شكل قطع مكافيء طوله 120 م . يلاقي امتدادان الميلين منسوبا مقداره 28.500 م فوق خط الاسناد المساحي . اوجد المناسيب (RL) لنهايتي المنحني وعلى فترات مقدارها 30 م ثم على اعلى نقطه (القمة) .

ما هي اقل مسافة التي يكون عندها السائق الذى ارتفاع عينيه 1.125 م فوق سطح الطريق غير قادر على رؤية عارض ارتفاعه 100 ملم . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(الجواب : 27.300 ، 27.675 ، 27.600 ، 27.075 ، 26.100 م ، اعلى نقطة 27.699 م ، 87 م)

الفصل السادس

المسح تحت الارض والمسح المائي

يكون موضوع الامتحان عادة في المسح تحت الارض موضوع ربط ، وهذا هو اسلوب يجرى فيه نقل الاتجاهات الزاويه bearings ونقل الاحداثيات من خـط قاعده base line على سـطح الارض الى خط قاعده تحت الارض ، عندما يكون الطريق الوحيد لذلك من خلال مهواة شاقولية ، حيث تستغل مختلف اساليب المسح السلكيه .

6-1 طريقة مثلث وايزباخ (شكل 6-1) WEISBACH TRIANGLE METHOD

يتبين بان هذه هي اكثر الطرق المستخدمه في اعمال الهندسة المدنيه ، حيث يجرى تعليق السلكين W_1 و W_2 شاقوليا في مهواة شاقوليه vertical shaft مكونـين خط قاعده صغيرا جدا . والمبدأ في ذلك هو ايجاد الاتجاه الزاوي والاحداثيات للقاعده السلكيه نسبة الى القاعده على السطح .
ولغرض ايجاد الاتجاه الزاوي للقاعده السلكيه على السطح يجب احتساب الزاويه ($W_sW_2W_1$) في المثلث كما يلي :

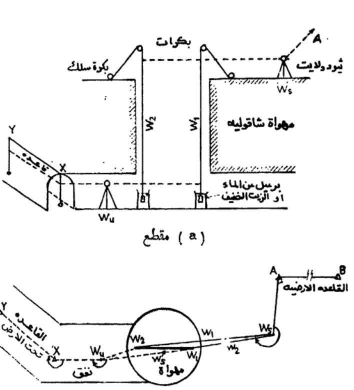
$$\sin \hat{W}_2 = \frac{w_2}{w_s} \sin \hat{W}_s \qquad \ldots (1\text{-}6)$$

وحيث ان مثلث وايزباخ متكون من انحراف محطة وايزباخ W_s عن استقامة السلكين ، فالزاويتان في W_s و W_2 صغيرتان جدا ، ويمكن كتابة المعادله 6-1 بالشكل التالي :

$$\hat{W}''_2 = \frac{w_2}{w_1} \hat{W}''_s \qquad \ldots (2\text{-}6)$$

(المقدار اعلاه هو دقيق الى حـد 7 مراتب عشريه عندما تكون الزاويه $\hat{W}_s$ اصغر من '18 ، والى حد 6 مراتب عشريه عندما تكون $\hat{W}_s$ اصغر من '45) .
من المعادله 6-2 يمكن الاستدلال بان خطأ القراءه في الزاويه $\hat{W}_s$ سوف يضرب بالكسر (w_2/w_s) ، وعليه فان تأثيره سيقل عندما يكون (w_2/w_s) اقل من واحد .

وهكذا يجب ان يكون جهاز المزواة في W_s اقرب ما يمكن من السلك الامامي W_1 بحدود ما يسمح به التبؤر ويفضل ان يكون على مسافة اصغر من طول القاعده السلكيه (W_1W_2) .
والان سوف يجرى حل المثال التالي باستخدام معلومات مبسطه لشرح الطريقه . فبالرجوع الى الشكل 6-1b فقد تم الحصول على المعلومات الحقليه التاليه :



(a) مقطع

(b) منظر رأسي

شـكل 1-6

القراءات على السطح :

$$B\hat{A}W_s = 90°00'00'' \quad , W_1W_2 = w_s = 10.000\ m.$$
$$A\hat{W_s}W_2 = 260°00'00'' \quad , W_1W_s = w_2 = 5.000\ m.$$
$$W_1\hat{W_s}W_2 = 0°01'20'' \quad , W_2W_s = w_1 = 15.000\ m.$$

القراءات تحت الارض :

$$W_2\hat{W_u}W_1 = 0°01'50'' \quad ∂\ y = 4.000\ m.$$
$$W_1\hat{W_u}X = 200°00'00'' \quad ∂\ x = 14.000\ m.$$
$$W_u\hat{X}Y = 240°00'00''$$

الحل لمثلث وايزباخ فوق السطح :

$$W_s\hat{W_2}W_1 = \frac{5.000}{10.000} \times 80'' = 40''$$

و بنفس الطريقه للمثلث تحت الارض :

$$W_2\hat{W_1}W_u = \frac{4.000}{10.000} \times 110'' = 44''$$

و يحتسب الان الاتجاه الزاوى للقاعده (XY) تحت الارض نسبة الى القاعده (AB) فوق السطح بطريقة مماثله للمضـلع :

بفرض ان الدائره الكامله (w.c.b) لاتجاه (AB) الزاوى :	= 89°00'00"
فالدائره الكامله (w.c.b) لاتجاه (AW_s) الزاوى :	= 179°00'00" =
الزاويـــــه ($A\ W_sW_2$) :	= 260°00'00"
	439°00'00"
	-180°
الدائره الكامله لاتجاه (W_sW_2) الزاوى :	= 259°00'00"
الاتجاه الزاوى المعكوس (W_2W_s) :	= 79°00'00"
الزاويـــــه ($W_sW_2W_1$) :	= + 0°00'40"
الدائره الكامله لاتجاه (W_2W_1) الزاوى : قاعده سلكيه	= 79°00'40"
الدائره الكامله للاتجاه المعكوس (W_1W_2) :	= 259°00'40"
الزاويـــــه ($W_2W_1W_u$) :	= - 0°00'44"
الدائره الكامله لاتجاه (W_1W_2) الزاوى :	= 258°59'56"
الزاويـــــه (W_1W_uX) :	= 200°00'00"
	458°59'56"
	-180°
الدائره الكامله لاتجاه (W_uX) الزاوى :	= 278°59'56"
الزاويـــــه ($W_2X\ Y$) :	= 240°00'00"
	518°59'56"
	-180°
الدائره الكامله لاتجاه (XY) الزاوى : القاعده تحت الارض	= 339°59'56" =

ان عملية نقل الاتجاه الزاوى هي في بالغ الاهميه ، فالاحداثيات يمكن ايجادها بالطرق الاعتياديه باستخدام كافة الاطوال المقاسه (AB) و (AW_s) و (W_uX) و (XY) .

6-1-1 شـكل مثلث وايزباخ Shape of the Weisbach Triangle

كما اشير اليه سابقا ، فان الزوايا W_2 و W_s في المثلث هي اصغر ما يمكن . والسبب في ذلك يمكن توضيحه بالنظر الى تأثيرات الاخطاء العفويه في القراءات على الزاويه المحتسبه W_2 .

من المعادله الاســـاســيه :

$$\sin \hat{W}_2 = \frac{w_2}{w_1} \sin \hat{W}_s$$

اجر المفاضــلـه differentiate بالنسبة الى كل الكميات المقاســه بالتناوب :

بالنسبة الى $: W_s$

$$\cos W_2 \cdot \delta W_2 = \frac{w_2}{w_s} \cos W_s \cdot \delta W_s$$

$$\therefore \quad \delta W_2 = \frac{w_2 \cos W_s}{w_s \cos W_2} \cdot \delta W_s \qquad \dots \quad (a)$$

بالنسبة الى $: w_2$

$$\cos W_2 \cdot \delta W_2 = \frac{\sin W_s}{w_s} \cdot \delta w_2$$

$$\therefore \quad \delta W_2 = \frac{\sin W_s}{w_s \cos W_2} \cdot \delta w_2 \qquad \dots \quad (b)$$

بالنسبة الى $: w_s$

$$\cos W_2 \cdot \delta W_2 = \frac{-w_2 \cdot \sin W_s}{w_s^2} \cdot \delta w_s$$

$$\therefore \quad \delta W_2 = \frac{-w_2 \sin W_s}{w_s^2 \cdot \cos W_2} \cdot \delta w_s \qquad \dots \quad (c)$$

عـليه :

$$\delta W_2 = \pm\left[\frac{w_2^2 \cos^2 W_s}{w_s^2 \cos^2 W_2} \delta W_s^2 + \frac{\sin^2 W_s}{w_s^2 \cos^2 W_2} \delta w_2^2 + \frac{w_2^2 \sin^2 W_s}{w_s^4 \cos^2 W_2} \delta w_s^2\right]^{1/2}$$

$$= \pm \frac{w_2}{w_s \cos W_2}\left[\cos^2 W_s \, \delta W_s^2 + \sin^2 W_s \frac{\delta w_2^2}{w_2^2} + \sin^2 W_s \frac{\delta w_s^2}{w_s^2}\right]^{1/2}$$

ولكـــن :

$$\cos W_s = \frac{\sin W_s \cos W_s}{\sin W_s} = \sin W_s \cot W_s$$

التي بالتعويض تعــطي :

$$\delta W_2 = \pm \frac{w_2}{w_s \cos W_2} \times \left(\sin^2 W_s \cot^2 W_s \cdot \delta W_s^2 + \sin^2 W_s \cdot \frac{\delta w_2^2}{w_2^2} + \sin^2 W_s \cdot \frac{\delta w_s^2}{w_s^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \pm \frac{w_2 \sin W_s}{w_s \cos W_2} \times \left(\cot^2 W_s \cdot \delta W_s^2 + \frac{\delta w_2^2}{w_2^2} + \frac{\delta w_s^2}{w_s^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

بواسـطة قانون الجيـــوب :

$$\frac{w_2 \cdot \sin W_s}{w_s} = \sin W_2$$

وهكذا بالتعويض نحصل عــلى :

$$\delta W_2 = \pm \tan W_2 \left(\cot^2 W_s \cdot \delta W_s^2 + \left(\frac{\delta w_2}{w_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta w_s}{w_s}\right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \dots \quad (3\text{-}6)$$

وهكذا ولغرض تقليل الخطأ القياسي (δW_2) الى اقل ما يمكن :

(1) يجب ان يكون $(\tan W_2)$ اصغر ما يمكن، اذن يجب ان تقترب الزاويه W_2 من الصفر .

(2) حيث ان W_2 صغيرة جدا، فان W_s ستكون صغيرة جدا ايضـاء وهكذا $(\cot W_s)$ سوف يكون كبير جدا وان تأثيره سيقل كثيرا اذا كانت (δW_s) صغيرة جدا، وعليه يجب قياس الزاويه W_s بدقة متناهيه .

6-1-2 مصادر الخطأ Sources of Error

يكون الخطأ القياسي في الاتجاه الزاوي المنقول e_B نتيجة التأثيرات المشتركة التاليه :

a) اخطاء في ربط القاعده على السطح بالقاعده السلكيه e_s .

b) اخطاء في ربط القاعدة السلكية بالقاعده تحت الارض e_u .

c) اخطاء في تعيين شاقولية مستوى السلك e_p .

وهذه تعطي :

$$e_B = \pm (e_s^2 + e_u^2 + e_p^2)^{\frac{1}{2}}$$

فالاخطاء e_s و e_p يمكن ايجادها بالطريقة الاعتياديه من فحص الطرق المتبعه وانواع الاجهزه المستخدمه . كما ان مصدر الخطأ e_p هو بالغ في الاهميه نظرا للقصر المتناهي في طول القاعدة السلكيه .

فاذا اعطيت اخطاء عفوية e_1 و e_2 لسلكين منحرفين W_1 و W_2 تساوي 1 ملم ، فان e_p تساوي "100 لقاعدة سلكيه طولها 2 م . ويحدد مجلس الفحم الوطني البريطاني قيمة لـ e_B مقدارها "2'00 .
فعليه ، من المعادله 6-4 وبفرض ($e_s = e_u = e_p$) :

$$e_p = \frac{2'00''}{3^{\frac{1}{2}}} = 70''$$

والتي لنفس القاعده السلكيه ذات طول 2 م يسمح بانحراف للسلكين مقداره 0.7 ملم فقط . تفيد هذه الارقام للاشارة الى الدقه والاعتناء الكبيرين الضروريين في تثبيت شاقولية المهواة shaft .

6-1-3 شاقولية مستوى السلكين Verticality of the Wire Plane

العوامل التي تؤثر على شاقولية السلكين هي :

a) تيارات التهويه في المهواة .

b) الحركة البندوليه لشاقول المهواة .

c) التشويهات الحلزونيه في السلك .

a) يجب ان تتوقف كل التهويه المصطنعه و يحافظ على الشاقول من تأثير التهويه الطبيعيه .

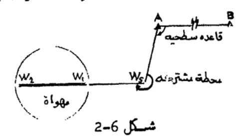
b) يمكن ان تقلل حركة ثقالة الشاقول حول نقطة تعليقها بتغطيسها في اناء من الماء او زيت خفيف. اما عندما تكون المهواة عميقة فان منع الحركه يمستحيل ، و بذلك يصبح قفل الاسلاك في موضع وسط ذبذبتها ضروريا .
يمكن ان تخفّض سعة ذبذبات السلك التي تؤدي الى حركه اضافيه للذبذبه باستعمال ثقّالة شاقول ثقيلة تكون فيها نقطة تعليقها قريبة من مركز ثقلها و مزودة بزعانف كبيره .

c) تعطي عملية حفظ سلك الشاقول ملفوفا على بكرة صغيرة القطر تشويهات حلزونية للسلك ، ويمكن تقليل تأثيرها باستخدام اثقل ثقّالة ممكنه للشاقول ، و هذا يجب احتسابه للسلك المستخدم باتباع معامل امان معقول .

تنطبق هذه المصادر من الاخطاء على كافة المسوحات التي تتم بواسطة الاسلاك .

6-1-4 الانطباق Coplaning

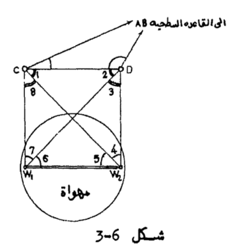
مبدأ هذه الطريقة الاخرى مبينه في الشكل 6-2 ، فالمثلث في الطريقه السابقه ينحذف بنصب المزواة في W_s وعلى استقامة السلكين W_1 و W_2 تماما . ويمكن اتمام هذه الاستقامه بسهولة بالتجربه وذلك بالتبئير focusing اولا على السلك الامامي ثم على الخلفي ، فيمكن روية كلا السلكين من خلال المنظار حتى ولو كانا على استقامة واحده . يجب تثبيت الجهاز على بعد لا يزيد على 3 او 4 امتار من السلك القريب وهناك معدات خاصه لمنع الحركه الجانبيه للمزواة والتي توثر على وزنهـا . وفي حالة عدم استخدام كذا معدات يجب بذل اقصى الجهود لجعل رأس ركيزة الجهاز افقيا .



شكل 6-2

تكون حركة عدسة التبئير في هذه الطريقه طويلة نسبيا ، وهكذا لجعل الاستقامة دقيقة يجب ان ينطبق محور النظر للعدسه الشيئيه على محور عدسة التبئير لكافة مواضع التبئير ، واذا وجد اي انحراف كبير عندها يجب اعادة الجهاز الى المصنع . المزية الرئيسية في هذه الطريقه هي بساطتها والاحتمال الضعيف في نشوء الاخطاء الكبيره gross errors.

6-1-5 شكل وايز الرباعي (شكل 6-3) Weiss Quadrilateral



شكل 6-3

يمكن اتباع هذه الطريقه عندما يكون تثبيت الجهاز – ولو تقريبيا – على خط استقامة القاعده السلكيه (W_1W_2) مستحيلا ، حيث تثبت المزواة في C و D مؤلفة بذلك الشكل الرباعي (CDW_2W_1) ، فيستخرج الاتجاه الزاوي واحداثيات (CD) نسبة الى القاعده السطحيه ثم يستخرج اتجاه القاعده السلكيه من الشكل الرباعي . بعدها تقاس الزوايا 1 و 2 و 3 و 8 مباشرة وتستخرج الزوايا 4 و 7 كالاتي :

$$\hat{4} = (180° - (\hat{1} + \hat{2} + \hat{3}))$$

$$\hat{7} = (180° - (\hat{1} + \hat{2} + \hat{8}))$$

وتستخرج الزاويتين الباقيتين 6 و 5 من :

$$\sin\hat{1} \sin\hat{3} \sin\hat{5} \sin\hat{7} = \sin\hat{2} \sin\hat{4} \sin\hat{6} \sin\hat{8}$$

وهكذا :

$$\frac{\sin\hat{5}}{\sin\hat{6}} = \frac{\sin\hat{2} \sin\hat{4} \sin\hat{8}}{\sin\hat{1} \sin\hat{3} \sin\hat{7}} = x \quad \ldots \quad (a)$$

ثم :

$$(\hat{5} + \hat{6}) = (\hat{1} + \hat{2}) = \hat{y}$$

$$\therefore \hat{5} = (\hat{y} - \hat{6}) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (b)$$

من المعادله (a) :

$$\sin\hat{5} = x \sin\hat{6}$$

$$\therefore \sin (\hat{y} - \hat{6}) = x \sin\hat{6}$$

ايضا :

$$\sin\hat{y} \cos\hat{6} - \cos\hat{y} \sin\hat{6} = x \sin\hat{6}$$

منها ينتج :

$$\sin\hat{y} \cot\hat{6} - \cos\hat{y} = x$$

ثم :

$$\cot\hat{6} = \frac{x + \cos\hat{y}}{\sin\hat{y}} \quad \ldots \quad (5-6)$$

بعد ايجاد الزاويه $\hat{6}$ من المعادله 6-5 ، يمكن ايجاد الزاويه $\hat{5}$ بالتعويض في (b) .

يشير تحليل الخطأ للشكل المبين الى ما يلي :

(a) افضل شكل للشكل الرباعي هو المربع .

(b) زيادة النسبه بين طول الضلع (CD) الى القاعده السلكيه يزيد من الخطأ القياسي للاتجاه .

لقد عنيت الطريقة اعلاه بالتوجيه من خلال مهواة واحده والتي هي الحالة العامه في اعمال الهندسة المدنيه . اما اذا توفر مهواتان فالتوجيه يمكن ان يتم من خلال سلك واحد في كل مهواة ، وهذه الطريقة تعطي قاعدة سلكية اطول . كذلك فان اخطاء الانحراف في السلك تكون اقل خطورة .

2-6 الجايرو ثيودولايت GYRO - THEODOLITE

هناك طريقة اخرى بجانب استخدام الطرق السلكيه وهي طريقة استخدام الجايرو ثيودولايت . وهذا هو جايروسكوب متجه نحو الشمال مركب على جهاز مزواة ويمكن استخدامه في توجيه خطوط القاعده تحت الارض نسبة الى الشمال الحقيقي .

هناك نوعين رئيسيين متوفرين هما الجايروسكوب العائم المستخدم من قبل " المؤشر الدقيق لخط الطول "Precision Indicator of Meridian (P.I.M.) والجايروسكوب المعلق الذي يستخدم من قبل شركة ويلد Wild G.A.K.I. .

1-2-6 النظريه Theory

كقاعده ، الجايروسكوب هو عبارة عن دولاب طيّار سريع الدوران محور الدوران فيه افقي ،حيث يدور الجايرو من الغرب الى الشرق كما تدور الارض . وان المركّبة الافقيه لدوران الارض تؤدى الى تذبذب محور الدوران حول موقع الشمال الحقيقي .

قبل البدء بشرح نظرية الجايروسكوب المتجه الى الشمال ، يمكن الاستفادة من مراجعة قوانين نيوتن للحركه . فاذا ادت القوة F الى زيادة سرعة الكتله m من V_1 الى V_2 خلال زمن مقداره t فان :

$$F \propto (m \cdot V_2 - m \cdot V_1) / t$$

$$(V_2 - V_1) / t = \text{التعجيل} = a$$

$$\therefore \quad F \propto m \cdot a$$

بالامكان جعل ثابت التناسب C في المعادله $(F = C \cdot m \cdot a)$ مساويا وحدة unity باعطاء وحدات F قيما مناسبة ، فباستخدام وحدات النظام المترى (S.I) تصبح قيمة C بالحقيقه 1 .

$$\therefore F = (m \cdot V_2 - m \cdot V_1) / t$$

وهـــــذا يســـاوى معدّل تغيّر الزخم الطولي .

وبنفس الطريقه :

$$T = (I\Omega_2 - I\Omega_1) / t$$

وهـــــذا يســـاوى معدل تغير الزخم الزاوى .

وهـــكذا : $T \propto F$

حـــيث : I هو عزم القصور الذاتي

و Ω هي السرعه الزاويّه للدوران

ويمكن ادراج النظريه كالاتي :

(1) يوضح الشكل 6-3a دولاب طيار دائر فيه السرعة الزاويّه للدوران تســاوى Ω .

(2) تنتج السرعة الزاويّة هذه متّجه العزم الزاوى angular momentum vector(a.m.v)(OA)

(مماثلا لاتجاه لولب ايمن عند دخوله) .

(3) والان لاحظ عندما يتغير موقع الـ (a.m.v.) الى (OB) في المستوى الافقي (AOB) خلال الزمن t .

(4) وهذا يؤدى الى تغيّر في العزم الزاوى (AB) الذى يساوى : $= I\Omega_2 - I\Omega_1$

والذى يمكن اعتباره ـ لازاحة صغيره ـ كتغير متجه بزاوية 90° الى (OA) .

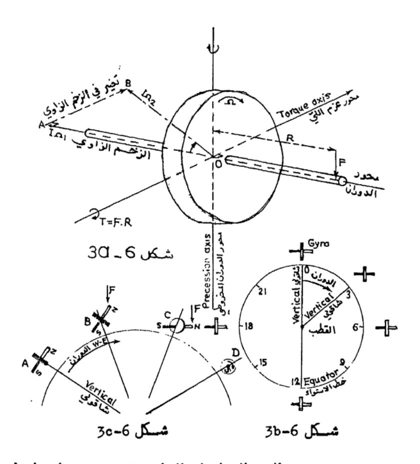
(5) لغرض تغيّر موقع متجه الزخم الزاوى من A الى B ، يجب اضافة كميه متجهه الى النظام . كذا كميه هي رد فعل لتأثير عزم البرم Torque T على طول محور موازى لـ(AB)" محور عزم البرم " ،

وهـــكذا : $T = (I\Omega_2 - I\Omega_1) / t$

(6) القوة F التي تؤثر شاقوليا الى الاسفل على محور الدوران سوف تنتج رد فعل لتأثير عزم البرم T مســاويا : $T = F \cdot R$

وهكذا لغرض الايجاز :

تأثير F المسلطه شاقوليا الى الاسفل على محور دوران قرص دائر هو ليجعل محور الدوران يدور مخروطيا precess في مستوى افقي حول المحور الشاقولي للدوران المخروطي . ستستمر الحركة المخروطيه وطيه ستستمر مقاومة المزدوج couple تبعا حتى ينطبق مستوى القوس الدوار على مستوى المزدوج المؤثر . بعدها يتوقف الدوران المخروطي ، كذلك تتوقف كل مقاومه للمزدوج المؤثر . ان تأثير دوران الارض على القرص الدائر gyro يفي بالخلاصه التاليه :



شكل 6 ـ 3a

شـكل 6-3c

شـكل 6-3b

لاحظ الشكل 6-3b الذى يؤشر فيه القرص الدوار على الساعه صفر و محور دورانه باتجاه شـرق ــ غرب .
استنادا الى طبيعة القصور الذاتي للجايروسكوب فانه سيحافظ على مستوى دورانه في الفراغ بينما يدور افق الارض earth horizon في الفضاء . وهكذا بالرغم من بقائه في مستويه فانه يظهر بالنسبة للارض كأنه يدور بمعدل دورة واحده في كل 24 سـاعه .

في A (شكل 6-3c) ، خذ ثقلا على شكل بندول مثبت بمحور الجايرو فأنه سـيؤشر الى مركز الارض و يجعل محور الجايرو افقيا . وافرض ان اتجاه المحور هو شرق ــ غرب .

في B ، يظهر دوران الارض ميلا ظاهريا apparent tilt كما موضح في الشكل 6-3b . فلن يبق الان ارتكاز ثقل البندول معتدل ، حيث ان تأثير الجاذبيه يكون واضحا بشكل رئيس في النهاية العليا للمحـور . فتأثير هذه القوه F الى الاسفل هو ليجعل الدوران المخروطي precess كما مبين في C .
امّا في D فقد جعل الدوران المخروطي محور الدوران يتذبذب ضمن خط طول الشمال ــ جنوب .
وفي هذا الموقع يكون اتجاه دوران القرص مماثلا لاتجاه دوران الارض وعليه فليس له تأثير على ثقل البندول . و هكذا ، نظريا سيشير محور الدوران باتجاه شمال ــ جنوب و تقف الحركه بالكامل . مع ذلك ، عمليا تؤدى ظاهرة القصور الذاتي للنظام بأن يعبر محور الدوران خط طول الشمال ــ جنوب مسببا في ذلك تذبذب محور الدوران حول خط الطول هذا .

من نظرية الدولاب الطيّار spinning wheel التي تثبت بأن مجموع الدوران الزاوى صغير ، فيمكن ان يعبّر عن حركة محور الدوران الافقي حول الشاقول كالتالي :

$$K_1 \ddot{\theta} + K_2 \dot{\theta} + K_3 \theta = 0 \qquad \ldots \quad (6-6)$$

حيث θ هي الزاويه بين محور الدوران والشمال الحقيقي ، وان K_1 و K_2 و K_3 هي كميات ثابته .

حلّ المعادله هو الحركه التوافقيه البسيطه المخمّده Damped Simple Harmonic Motion
والتي تقترب فيها θ من الصفر اسّيا . فتعيين موقع الشمال الحقيقي اذن يشمل تثبيت محور التماثل axis of symmetry لذبذبة الجايرو . ويمكن تحقيق ذلك بقياس زاوية الحركه (طريقة النقطه العكسيه Reversal Point Method) او قياس زمن الحركه (طريـــــقة التحـويل Transit Method) .

2-2-6 تقنيّـــات التسديداو الرصد Observational Techniques

هنالك عدة طرق لتعيين موقع الشمال التقريبي ، فللاعمال الدقيقه يمكن اتباع احدى الطريقتين التاليتين :

a) طريقة النقطة العكسيه Reversal Point Method

يثبت الجهاز الى الشمال تقريبا ، ويعتمد مقدار التقريب على مدى حركة لولب الحركه البطيئه للقرص العلوي للجهاز . حيث يثبت لولب الحركه البطيئه في منتصف مدى حركته و يعطى الجايرو حرية الحركه و ترصد حركته بالاليداد من خلال تركيب بصري خاص . تؤخذ قراءات الدائرة الافقيه في كل مرة يصل فيها القرص الدائر اعلى ذبذبته شرق اوغرب خط الزوال meridian ، وهذه المواقع (r) تسمى النقاط العكسـيه reversal points . فاقل عدد من القراءات يجب توفرها هو ثلاثه ومعدلها يعطي اتجاه الشمال الحقيقي .
هنالك عدة طرق لايجاد المعدل ، واكثرها شيوعا هي طريقة (معدّل سكولر Schuler's Mean) والتي يمكن توضيحها بالرجوع الى الشـكل 6-4 .

$$N_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{r_1 + r_3}{2} + r_2 \right) = \frac{1}{4} (r_1 + 2 r_2 + r_3) \quad \ldots (7-6)$$

وان قراءة اضافية r_4 تسـاعد في ايجاد معدل آخر و هكذا :

$$N_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{r_2 + r_4}{2} + r_3 \right) = \frac{1}{4} (r_2 + 2 r_3 + r_4) \quad \ldots (8-6)$$

وعليه يمكن ايجاد اتجاه الشمال الحقيقي N بدقة اكثر من : $N = \frac{1}{2} (N_1 + N_2)$

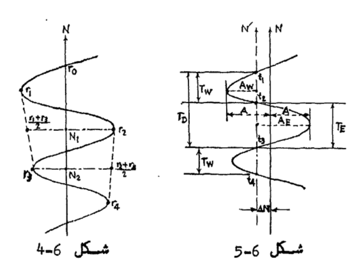
يدعو الدكتور توماس T.L.Thomas (مؤتمر المساحه لدول جنوب افريقيا المنعقد في كانون الثاني 1967) الى اتباع طريقة الاربعة نقاط المتجانسه باستخدام رصدتين الى الشرق ورصدتين الى الغرب . فالمعادله هي مجرد معدل (N_1+N_2) اي :

$$N = \frac{1}{8} (r_1 + 3 r_2 + 3 r_3 + r_4) \quad \ldots (9-6)$$

وقد ابتكر بروفسور لوف Lauf طريقة استخدم فيها التطبيق القياسي لنظرية اصغر المربعـــــات Least Squares مع تحليل احصائي بالنسبة لاعتمادية القراءات .

b) طريقة التحـويل Transit Method

يقفل الاليداد alidade متجها الى الشمال $N^{\prime}$ تقريبـا ، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام القمباص الانبوبي حيث ان التقريب المطلوب هو فقط لاقرب ($\pm 20'$)، عندها يعطى الجايرو حرية الحـركه وتؤخذ ثلاثة تحويلات متتاليه لمحور الدوران حول علامة الصفر في الجهاز باستخدام ساعة توقيت خاصه stopwatch ذات يد حامله .



شكل 4-6　　　　　　　شكل 5-6

من الشكل 6-5 ، عند مرور الجايرو بعلامة الصفر لتدريجات المقياس الثانوى يدوّن الزمن t_1 ، وعندما يصل الى استطالته الغربية يقرأ موقعه A_W على المقياس . وعندما يرجع ثانية الى علامة الصفر يدوّن الزمن t_2 ، وعندها الفترة $(t_2 - t_1)$ تساوى T_W المعروفه كنصف زمن الذبذبة للاستطالة الغربيه . وتعطي الاستطالة الشرقيه القراءة A_E والزمن t_3 الذى منه يستخرج T_E :

$$T_E = t_3 - t_2$$

يتضح من المرتسم بانه اذا كانت A_E اكبر من A_W فان N' هي الى الغرب من N وان التصحيح (ΔN) هو موجب :

$$\Delta N = C \cdot A \cdot \Delta T \qquad \ldots \quad (10\text{-}6)$$

حيث :

$$A = \tfrac{1}{2}\ (A_W + A_E)$$

وان (ΔT) تساوى المجموع الجبرى للازمنه T_E و T_W (عادة تعتبر T_E موجبه و T_W سالبه) اى $(-T_W\ ,\ +T_E)$ ، ثم C تساوى ثابت التغيير .

يكفي ان نجد قيمة C مرة واحده لكل جهاز وكما يلي :

بتوجيه الاليداد اولا الى شرق و مرة اخرى الى غرب الشمال الحقيقي ، تؤخذ قراءات التحويل الاعتياديه معطية معادلتين :

$$N = N_1' + C\ A_1 \cdot \Delta T_1$$

$$N = N_2' + C\ A_2 \cdot \Delta T_2$$

وعليه فان :

$$C = \frac{N_1' - N_2'}{A_2 \cdot \Delta T_2 - A_1 \cdot \Delta T_1} \ \text{(min.of time/div.of scale/sec.of time)} \quad .. \ (11\text{-}6)$$

بالدقائق من القوس لكل جزء من المقياس لكل ثانيه من الزمن .

في كلتا الطريقتين يجب ان يحتسب ثابت التعيير K للجهاز على اساس قراءات تؤخذ على خط قاعده لسمت معروف . و يطبق هذا الثابت K على الجايرو N من المرات لاعطاء الشمال الحقيقي . يجب اجراء تدقيق للتعيير بشكل مستمر حيث ان قيمة K تتغير ببطء خلال فترة من الزمن . كلا الطريقتان تستغرقان بحدود 20 الى 30 دقيقه للانجاز معطيتين معدلا لمربع الاخطاء mean square error (m.s.e.) يساوى $(\pm 15'')$ من القوس .

ولو ان الاتجاه الزاوى لكل من القاعدتين على السطح وتحت الارض مرتبطين جايروسكوبيا فان موقعهما النسبي يبقى غير مرتبط ، وهذا يمكن تحقيقه من خلال سلك مفرد في المهواة .
تثبت الاحداثيات السطحيه بواسطة التثليث triangulation او التقاطع الخلفي resection او التضليع المباشر ، بعدها يتم ربط القاعده تحت الارض بالسلك ، عادة بالتضليع مباشرة ، وعليه فهو من الواضح في هذه الحاله ان الاخطاء الناجمه عن انحراف السلك هي ليست خطيره .

ثابت التعيير للجهاز

عادة لا يكون المقياس الذى تلاحظ عليه ذبذبات الجايروسكوب منطبقا تماما على المتّجه المشير الى الشمال في الجايروسكوب كما في طريقة السعه amplitude method . كذلك يجب ان ينطبق الخط المعرّف بمقياس الجايرو على محور المزواة . اذن فان هذه الاخطاء تكوّن ثابت الجهاز K الذى يمكن تعيينه فقط باخذ قراءات على خط قاعده سمته معلوم ، وعليه :

$$N = N_G + K$$

حيث N هو الشمال الحقيقي او الجغرافي .
N_G هو شمال الجايرو (اى الشمال الظاهرى المستخرج بواسطة الجايروسكوب)
K هو ثابت التعيير للجهاز .
وهكذا :

سمت القاعده المعلومه	:	30° 25' 30"
شمال الجايرو للقاعده	:	30° 28' 30"
قيمة K	:	- 0° 03' 00"

فقد اثبتت التجارب بان قيمة K هي ليست ثابته ولكنها تتغير ببطء خلال فترة من الزمن ، وعليه فمن الضرورى اجراء تدقيق على تعيير الجهاز بشكل مستمر لاجل الحصول على نتائج مقبوله عند استخدام مزواة الجايرو Gyro-theodolite .

3-2-6 اخطاء الاجهزه التي تؤثر على اجهزة مزواة الجايرو

a) خطأ صفر الشريط ، يعرّف موقع صفر الشريط بانه الموقع الذى تكون فيه المجموعه المتذبذبه في حالة سكون بالنسبة للجهاز ، مع عدم دوران الجايرو . في الموقع صفر تتوازن القوى المحركه لشريط التعليق الحامل لمجموعة الجايرو والرصاصات .
يثبت موقع صفر الشريط كانه معدل علامة الجايرو الذى يكون الجايرو فيها غير دائر ولكنه متدلي بحريه . وهكذا اذا كانت d_1 . . . . . . d_4 هي القراءات العكسيه لعلامة الجايرو على مقياس الجايرو ، فوسط التذبذب يساوى d : $d = (d_1 + 3d_2 + 3d_3 + d_4)/8$
يمكن تنظيم الجهاز بتصحيح خطأ موقع الصفر او يجرى تعديل مقداره (C.d.s) حيث :

$$C = \frac{\text{(عزم اللي torque بسبب الشريط)}}{\text{(عزم اللي بسبب الدوران)}}$$

وهذه القيمه تجهز مع الجهاز ، و " s " هي قيمة تدريج واحد للمقياس بثوان من القوس . فلو اهمل خطأ صفر الشريط فانه يصبح جزءا من ثابت الجهاز K وسيسبب تغيّر في هذه القيمه .

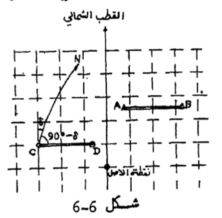
(b) انحراف الدائره ، هذا هو تحرك في الدائرة الافقيه والذي يعزى سببه ربما لتذبذب الجايرو . وهكذا يجب ملاحظة صفر الاسناد لخط القاعده Reference Zero قبل وبعد قراءات الجايرو ، ويؤخذ المعدل .

(c) تغير خط النظر واختلاف مركزيته ، وهذا يصعب التخلص منه حيث لا يمكن تغيير الوجه في بعض انواع الجايرو ، وعليه بالامكان اتباع اساليب خاصه في اخذ القراءات لتقليل هذا الخطأ .

(d) اختلاف مركزية الدائره ، سبق وان نوقش هذا النوع من الخطأ في الفصل الثالث ، ويمكن تقليله في اعمال الجايرو بتدوير الدائره بزاوية 180° نسبة الى صفر الاسناد بين كل مجموعه واخرى من القراءات .

6-2-4 تقارب خطوط الطول Convergence of Meridians

لما كانت الجايروسكوبات تعين الشمال الحقيقي فان اتجاه خط القاعده ، تحت الارض يجب ان يصحح قبل ان يربط بشبكه محليه او وطنيه . ويمكن توضيح التصحيح δ من الشكل 6-6 الذى فيه الاتجاه الزاوى الشبكي لخط القاعده (AB) على السطح هو باتجاه الشرق ، علما بان نقطة الاصل للشبكه هي نقطة O على خط طول كرنتج ، بفرض ان خط القاعده ، تحت الارض يوازى خط القاعده ، على السطح فان اتجاهه الزاوى لو كان ثابتا جايروسكوبيا فانه سيساوى (δ-90) من C حيث (CN) هو اتجاه الشمال الحقيقي . و يمكن التأكد من الشكل بان الخطأ δ هو ناتج عن تقارب خطوط الطول .



شكل 6-6

فاذا استند المشروع الهندسي على الشبكه الوطنيه البريطانيه British National Grid فالتصحيح δ يمكن احتسابه باستخدام " جداول التسقيط البريطانيه O.S.Projection Tables for the Traverse Meractor Projection of G.B. " للخطوط الطويلة فقط يستخدم التصحيح (t-T) ، وعليه فليس هناك داع للاخذ به في اعمال باطن الارض . واذا كان حجم المسح بامتداد صغير ومبني على شبكة محليه فان تصحيحا مماثلا سوف يكون ضروريا (انظر كتاب المسح الهندسي ـ الجزء الثاني ـ صحيفه 124 الى 138)[1].

6-2-5 خطوات الرصد Observational Procedures

لغرض زيادة توضيح النظريه آنفة الذكر ، سيعطى الان امثله لكلي الطريقتين للقراءة في جهاز مزواة الجايرو Gyro-theodolite .

---

1 المقصود هنا الطبعة الانكليزية حيث لا تتوفر الطبعة العربية في الوقت الحاضر .

(d) طريقة النقطة العكسيه Reversal Point Method

يوجه محور الجايرو الى الشمال تقريبا ، و يسـرّع الدوران الى اقصى سرعته ثم يدلّى بهدوء . عندما يبدأ الجايرو بالابتعاد عن خط وسط المقياس كما هو موشر على مقياس الجايرو فانه يتابع بحيث يبقى على خط وسط المقياس وذلك بتدوير لوالب الحركه البطيئه tangent screws للمزواة .
وعندما يصل الى قل نقطته العكسيه اليسار (r_1 في الشكل 6-4) تتوقف الحركه لعدة ثواني و تقرأ الدائره الافقيه للمزواة . بعدها يرجع الجايرو الى الخلف-بحيث يبقى على علامة الصفر لمقياس الجايرو- الى نقطته العكسيه اليمين r_2 وعندها تقرأ المزواة ثانية .
و هكذا تتابع حركة الجايرو بابقائه بكل بساطه على خط وسط موشر الجايرو ، بينما تقاس سعة حركته بواسطة المزواة .

عكسي	قراءة الدائرة الافقيه		
r_1 (يسار)	42°	00′	31″
r_2 (يمين)	49°	40′	32″
r_3 (يسار)	42°	04′	02″
r_4 (يمين)	49°	37′	21″

معدّل سكولر :

$$N_1 = \frac{1}{4}\,(r_1 + 2r_2 + r_3)$$
$$= \frac{1}{4}\,(42°00'31'' + 99°21'04'' + 42°04'02'') = 45°\ 51'\ 24''$$
$$N_2 = \frac{1}{4}\,(r_2 + 2r_3 + r_4) = 45°\ 51'\ 29''$$
$$\therefore\ N = (N_1 + N_2)/2 = 45°\ 51'\ 26''$$

وهذه هي قراءة الدائره الافقيه لشمال الجـايرو .
يمكن اجراء تحقيق للحسابات و ذلك بدمج N_1 وN_2 لتعطي N حيث :

$$N = \frac{1}{8}\,(r_1 + 3r_2 + 3r_3 + r_4)$$

والان افرض ان المزواة موجهه باستقامة خط القاعده ، وان معدل قراءة الدائره الافقيه كان "55°51'26 ، فالقاعده بديهيا تقع "10°00'00 باتجاه عقرب الساعه من شمال الجايرو وان اتجاهها الزاوى نسبة الى شمال الجايرو هو اذن "10°00'00 .
ان تطبيق ثابت الجهاز K والذي يساوي قل ("03'00-) سوف يعيد الاتجاه الزاوى لخط القاعده الى سمته الجغرافي الصحيح ، اى "09°57'00 نسبة الى الشمال الحقيقي .
فاذا ربطت اعمال المسح بالمشبك الوطني البريطاني يجب عندها تطبيق التصحيح δ لتقارب خطوط الطول (اى الفرق بين شمال المشبك والشمال الحقيقي) وايضا ربما التصحيح (t-T) (اى الفرق بين الاتجاه الزاوى المرصود والاتجاه الزاوى المقابل في المشبك) . في بعض الاحيان تتطلب الحاجه تطبيق تصحيح لابلاس عندما يكون انحراف الشاقول عالي جدا ، مع ذلك فان هذا التصحيح في اغلب الحالات هو اقل من "03 من القوس . (يجب على الطلبه مراجعة الجزء الثاني لتفاصيل التصحيحات اعلاه والامثله المحلوله) .
في حالة المسوحات المحليه ذات الحجم المحدود في مشبك كارتيزى (اى y ~ x) فان تقارب خطوط الطول فقط يوخذ بنظر الاعتبار .
يشير الشكل 6-6a الى العلاقه بين التصحيحات المختلفه لشمال المشبك وفي هذه الحاله الى شرق الشمال الحقيقي ، وعليه :

$\theta = 10° \; 00' \; 00''$ الاتجاه الزاوى للجايرو(AB) يساوى θ :

$K = -0° \; 03' \; 00''$ ثابت الجهـــاز يساوى K ويســاوى :

$(\theta + K) = 09° \; 57' \; 00''$ السمت الجغرافي يساوى$(\theta + K)$ويسـاوى :

تقارب خطوط الطول يســاوى δ ويساوى :
محتسبه من جداول الجيودوسي

$\delta = -43' \; 09''$

$t-T = +00' \; 04''$

اذن اتجاه زاوى خط القاعده (AB) للمشبك الوطني :

$\phi = 09° \; 13' \; 55''$

(b) طريقة التحـويل Transit Method

في هذه الطريقه يوجه الجايروسكوب تقريبيا الى الشمال N' ويقفل الجهاز بالتمام . ثم تجرى ملاحظة ذبذبة مؤشر الجايرو حول مقياس الجايرو وتوقت . فعلى سبيل المثال عندما يكون الجايرو فوق خط وسط المقياس تكون القراءة صفرا والوقت صفرا ايضا . وعند وصول الجايرو نقطته العكسيه اليسار (A_W) تلاحظ قراءة مقياس الجايرو ، وعند رجوعه الى الصفر يلاحظ الوقت t_2 . (راجع الشكل 6-5) وبنفس الطريقه تلاحظ قراءة مقياس الجايرو لنقطته العكسيه اليمين (A_E) ثم الوقت t_3 عند رجوع الجايرو مرة ثانية الى الصفر بالنسبة لمؤشر الجايرو .

تلخص المعلومات الحقليه بالشكل التالي:

زمن التحويل t	زمن التذبذب T	فرق الزمن ΔT	القراءات المعكوسه A_W/A_E	$\frac{1}{2}(A_W + A_E)$ 'A'	الدائره الافقيه N'	ΔN
0 m 00.0 s					45° 47' 00"	
	3 m 16.1 s		−11.8 (A_W)			
3 m 16.1 s		+7.2 s		12.35		+4.25'
	+3 m 23.3 s		+12.9 (A_E)			
6 m 39.4 s		+7.7 s		12.35		+4.55'
	3 m 15.6 s		−11.8			
9 m 55.0 s		+7.6 s		12.35		+4.40'
	+3 m 23.2 s		+12.9			
13 m 18.2 s					المعدل	+4.40'

$$N = C \cdot A \cdot \Delta T$$

حيث :

C : ثابت التناسب ويساوى 0.0478 دقيقه من القوس/ تدريج لمقياس الجايرو × ثانيه من الزمن

$A = \frac{1}{2}(A_W + A_E) = \frac{1}{2}(11.8 + 12.9) = 12.35$

$\Delta T =$ (المجموع الجبرى للازمنه) = − (3 دقيقه 16.1 ثانيه) + (3 دقيقه 23.3 ثانيه)

$= +7.2$ ثانيه   (T_W ســالبه و T_E موجبه) ...

وعليه : $\Delta N = 0.0478 \times 12.35 \times 7.2 = 4.25'$

و قراءة الدائرة الافقيه لشـمال الجايرو N : $N = N' + \Delta N = 45° \; 51 \; 26''$

يمكن ايجاد قيمة C بسهوله باستخدام الطريقه المذكوره اعلاه حيث يكون الجهاز موجه باتجاه غرب الشمال ثم شرق الشـمال . وهكذا .

$$N = N'_W + C \cdot A_1 \cdot \Delta T_1 = N'_E + C \cdot A_2 \cdot \Delta T_2$$

والتي منهـــــا :

$$C = \frac{N'_W - N'_E}{A_2 \cdot \Delta T_2 - A_1 \Delta T_1}$$

النقطة الرئيسيه الواجب التأكيد عليها بصدد قراءات الجايرو . هي امكانية اجراءها على خط واقع في اى مكان من اعمال باطن الارض .

الاستقامه والمنسوب Line and Level

شكل 6-6a

شكل 6-6b

شكل 6-6c

شكل 6-6d

شكل 6-6e

بعد تعيين خط النفق بطريقة "المسح بالسلك" او بواسطة قراءات الجايرو يجب تعيينه موقعيا داخل النفق . فمثلا في حالة مثلث وايزباخ (شكل 6b-6) يمكن احتساب اتجاه (W_uW_1)، ثم بمعرفة الاتجاه الزاوي التصميمي للنفق بالامكان احتساب الزاويه θ وتنشأ لتعطي الاتجاه الزاوي التصميمي ، ثم تؤخذ المسافه (XW_u) حيث من السهوله احتسابها من المثلث القائم ($W_1X\ W_u$) .

بعدها يثبت الخط موقعيا بتثبيت ثلاثة اوتاد في السقف على استقامة واحده والتي يمكن تعليق ثلاثة اسلاك مثقله فيها وكما مبين في الشكل 6c-6 ، حيث يفيد السلك الثالث في تحقيق السلكين الاخرين . يمكن تحريك الاسلاك لمسافات قصيرة الى الامام بواسطة العين ولكن يجب ان تدقق دائما بواسطة المزواة باسرع وقت .

بالامكان ضبط ميل النفق بواسطة قضبان عظميه معكوسة متدليه من السقف ومثبته بطرق الوزن الاعتياديه . عندما تستخدم صفائح النفق للحفر ، يمكن استخدام نظام ليزر laser في التوجيه لضبط موقع ووضع الصفيحه ، حيث توجه اشعة ليزر بحيث توازي محور النفق من حيث الاتجاه والميل ، بينما على الصفيحه نظام لتحسس الموقع وهذا يحوي اجزاء بصرية الكترونية تتحسس موقع ووضع الصفيحه بالنسبة الى مرجع ليزر laser datum . كحصانة ضد الذبذبات ، تؤخذ 300 قراءه بالثانيه ويؤخذ المعدل . هنالك منظما بالقرب من وحدة التحسس يعطي الازاحات displacements بالمليمترات مصححه تلقائيا لغرض اللف على بكره . اضافة الى ذلك يظهر اللف roll والسبق lead والتسلق look - up كذلك مع تفاصيل موقع صفائح متقدمه لمسافة 5 امتار الى الامام بمجرد الضغط على زر . عندما تكون الصفيحه تماما على الخط يظهر ضوء اخضر في وسط الشاشه .

يمكن نقل المعلومات المذكوره اعلاه بكاملها الى دائرة الهندسه التي تبعد بضع مئات من الامتار . كذلك هنالك معلومات كاملة ومطبوعة تلقائيا متوفره للمهندسين لاي موقع للصفيحه . ان النظام المبين هنا باختصار هو نظام (TG-26) المصمم والمصنّع من قبل "اجهزة زيد ZED المحدوده — تويكينهام — المملكه المتحده " .

اضافة الى ما هو مذكور اعلاه ، تثبت " علامات مربّعه " داخل النفق بقياس مثلثات متساوية الاضلاع بواسطة الشريط من خط الوسط اوحيث تسمح ابعاد النفق بالدوران خلال زاوية 90° بواسطة المزواة ، شكل 6d-6 . ان القياس من هذه العلامات يساعد في اكتشاف السبق الموجود في الحلقات ، فمثلا لو كانت $D_1 > D_2$ فالفرق هو مقدار السبق الموجود في الحلقات الى اليسار ، ويسمى الفراغ بين الحلقات " الزحف creep " . اما في المستوى الشاقولي ، اذا كان اعلى الحلقه متقدما على اسفلها فهذا يسمى " تدلّي Overhang " والعكس يسمى " تسلق Look-up " . كل هذه المعلومات هي ضرورية لتقليل مقدار التمرج في استقامة النفق الى اقل ما يمكن .

تثبيت الليزر

الطاقة الناتجه لليزر التجاري بصورة عامه هي بحدود 5 ميللوات milliwatts والكثافة في مركز شعاع دائري قطره 2 سم هي بحدود 13 ميللوات على السنتيمتر المربع الواحد ($13m.w./cm^2$) وهذا يمكن مقارنته مع كثافة ضوء الشمس الساقط في المناطق الاستوائيه وقت الظهر في يوم ساطع ، اي ($100m.w./cm^2$) ، وكما في الشمس ، يجب استخدام زجاجات واقيه عند النظر الى الليزر .

في الواقع ، كل الليزرات المستخدمه في اعمال الانفاق هي من الانواع التي تثبت على الحائط او السقف ، وهكذا فان تثبيتها يكون حرجا جدا . وهذا يمكن تحقيقه بعمل ثقب دائرى في كل من صحيفتين تثبتان بدقة على خط استقامة النفق بواسطة جهاز مزواة اعتيادى ، ثم يوضع الليزر خلف اول ثقب بعدة امتار وتنظم بحيث يمر الشعاع من خلال الثقبين وهكذا يجرى تعيين خط النفق . بعدها يصبح تحريك احد الثقبين بالنسبة للاخر مفيدا في تعيين خط الميل .

ان فائدة النظام اعلاه هو ان الاشعه سوف تحجب في حالة تحرّك الصفيحتين او تحرك الليزر ، وفي هذه الحاله سوف يحتاج المسّاح او المهندس الى اصلاح الخط ، ولغرض القيام بذلك يجب تثبيت علامات للتحقيق في النفق والتي يمكن منها اجراء القياسات الضروريه .

عند تثبيت الليزر ، يجب ان لا تؤدى الاشعه الى تآكل الجدار لتفادى انكسارات مفرطه ، فتحدث الارض والانكسار يحدد ان المدى لخط الليزر بـ 600 م كحدّ اعلى . بعد ذلك يتطلب الامر تحريكها الى الامام . ولغرض تقليل الخطأ الموجود في ضبط الاستقامه يجب جعل الثقب الابعد عن الليزر يبعد ثلث المسافة الكليه للشعاع عن الليزر .

المركّبه الشاقوليه

بالاضافة الى نقل الاتجاه الزاوى الى اسفل المهواة يجب ربط مناسيب السطح مع المناسيب تحت الارض ايضا .

هناك طريقة يقاس بها عمق البئر او المهواة باستخدام شريط معدني قياسي طوله 30 م ، حيث يربط صفر الشريط الى راقم التسويه في السطح وكما مبين في الشكل 6e-6 ، وتوضع النهاية الثانيه بدقة باستخدام مثبت جدارى ، وتستمر هذه العمليه باتجاه اسفل المهواة حتى تؤخذ قراءة آلة التسويه على آخر طول للشريط عند نقطة B . يطبق شد قياسي على الشريط خلال العمليه وتثبت درجة حرارته لكل جزء . هنالك تصحيح اخر يتم بالنسبة لاستطالة الشريط بسبب تأثير وزنه باستخدام المعادله التاليه :

(الاستطاله) = W L/2 A E (بالامتار)

حيث :

E هو معامل المرونه للمعدن (نيوتن / ملم تربيع (N/mm^2))

L هو طول الشريط (متر m)

A هي مساحة مقطع الشريط (ملم مربع mm^2)

W هو وزن الشريط (نيوتن N)

وعليه فالمسافه المصححه (AB) تستخدم لايجاد قيمة راقم التسويه تحت الارض نسبة الى الراقم فوق السطح .

في حالة توفر شريط مهواة خاص (بطول 1000 م) يكون بالامكان تنفيذ العمليه بخطوة واحده . يجب القيام بهذه العمليه مرتين في الاقل ويؤخذ بالمعدل . باستخدام شريط طوله 30 م يمكن تحقيق دقة 1 الى 5000 . اما شريط المهواة فيعطي 1 الى 10 000 من الدقه . وقد استخدمت معدات قياس المسافه الالكترومغناطيسيه Elect.Magnetic Distance Measurements(E.D.M) لقياس اعماق المهواة ، حيث توضع مرآة عاكسه خاصه في اعلى المهواة وهذه توضع باستقامة جهاز

الـ (E.D.M) ســابق الذكر . بعدها تدوّر في المستوى الشاقولي حتى يصطدم شــعاع القياس بعاكسة في اسفل المهواة ، وبهذه الطريقه تقاس المسافه من الجهاز الى العاكســه ومنهــا تستخرج المسافه من المرآة الى العاكســه . بربط المرآة الى كل من راقمي التســويه على الســطح وتحت الارض على التوالي ، يمكن ايجـــاد العلاقه بين قيمتيهما .

3-6 المســح المــائي HYDROGRAPHIC SURVEYING

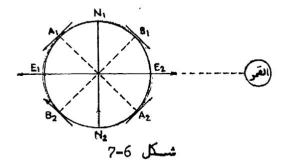
تتم كـذا مسوحات فيما له علاقه بانشـاء المواني واحواض السفن ونفايات المياه الثقيله ... الخ . فعليه يحتاج المهندس معلومات عن نظريات المـدّ والموج اضافة الى طرق المسح الاســاســيه .

1-3-6 نظرية المـدّ والجـزر Tidal Theory

كلا العالمين نيوتن ولابلاس قد درســا هذه الظاهره ولكن لم تعر اى من النظريتين اهتماما الى المتغيرات الكثيره ككتل الاراضي غير المنتظمه والاعماق المتغيره للمياه ..والخ ذات العلاقه .

فالقوة الرئيسية المولده للمد هي قوة الجذب القمرى ، وبتاثير اقلّ الجذب الشمسي ، والنسبة هــي 2.34 الى 1 .

فاذا اخذنا جسيم من الماء على سطح الارض ، فسوف يفرض القمر قوة جذب على هذا الجسيم تتناسب طرديا مع كتلة الجســمين وعكسيا مع مربع المسافه بينهما . مع ذلك ، وحيث ان الارض نفسها ســتكون معرّضه الى هذا الجذب فان القوة المحصــله المؤثره على الجسمين هي الفرق بين القوتين و تســمى القوة المولده للمــد . وهذا الفرق في الجذب هو صغير جدا (9×10^{-7}) وعليه ليس له تاثير على القشــرة الارضيه .



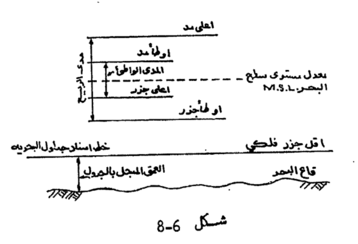
شــكل 6-7

فاذا اخذنا جذب القمر عــند خط الاستواء (شــكل 6-7) فان الجذب المباشر عند E_1 و E_2 ســيقابله انضغاط عند N_1 و N_2 مع وجود اتجاهات متوسطه بين الموقعين . وهذه قوة الجذب القمرى يمكن ان تحلل الى مركّبتــين ، تسمى المركبة الافقية فيهـا " قوة السحب tractive force " وهذه قوة السحب تؤدى الى تحريك الماء من N_1 و N_2 باتجاه E_1 و E_2 ، علما بان كثافتها العظمى تكون عند النقاط A_1 و A_2 و B_1 و B_2 . وبهـذه الطريقة تظهر ظاهرة المد في E_1 و E_2 وظاهرة الجزر في N_1 و N_2 .

تبـنى توقعات المد والجـزر ، في الواقع ، على التحليل التوافقي لقياسات سـابقه ، ابتداء بتحليل منحنيات المد والجـزر المأخوذة من مقاييس المد والجزر تلقائية التسـجيل ، وهذه المعلومـات تسـتخدم بعدئذ في اعداد جهاز يفيد في اعطاء توقعات لمعلومات مد وجزر مستقبليه .

6-3-1 مصطلحات المد والجزر (شكل 6-8) Tidal Nomenclature

مدود وجزور الربيع Spring Tides ، هي الاعلى (والاوطأ) للشـهر وتحدث عندما يكون التاثير المزدوج لجذب الشمس والقمر اكـبر ما يمكن (قمر جديد او كامل) . في الواقع يحدث المد او الجزر بعض الفترة القليله (يوم او يومين) بعد الوقت النظرى ، وهذا يسـمى "عمر المد age of tide " .



شـكل 6-8

مدود وجزور الربيع الاعتداليه Emperical Spring Tides ، وهذه استثنائيا عالية وتحدث خـلال الاعتدال الربيعي والخريفي عـندما تكون الشمس شـاقولية والقمر شـاقوليا فوق خط الاسـتواء .

المدود والجـزور الواطئه Neap Tides ، هي الاوطأ للشهر وتحدث عندما يكون جـذبا الشمس والقمر متعاكسـين .

معدّل الفترة الزمنيه بين المدود المتماثله في ايام متـتاليه يسـاوى 24 سـاعه و 50 دقيقه . وهكذا يحدث كل مد 50 دقيقة متاخرا كل يوم .

اوطـأ جـزر فلكي Lowest Astronomical Tide ، وهذا هو خط اسناد الرئيس بالنسـبة لجداول البحريه ، وهو منسـوب اوطـأ جـزر متوقـع .

3-3-6 تقنيّات المسح Survey Techniques

يمكن تقسيم العمل عموما الى "برّي On-Shore" و "مائي Off-Shore" ، فالاول يمكن انجازه بالطرق الاعتيادية للتثليث والتضليع وقياس الابعاد ... الخ . اما العمل في الماء فيمكن تصنيفه كما يلي :

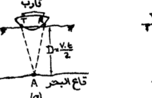
(1) قياسات شاقولية للعمق بطرق الصدى .
(2) السيطرة الافقية لمواقع الصدى .
(3) نقل الصدى الى خط اسناد (خط اسناد مساحي او خط اسناد المد) .

قياس اعماق المياه Soundings ، هذه هي عملية قياس العمق الشاقولي من سطح الماء الى مستوى القاع .

في الاعماق القليلة والتي هي بحدود 5 امتار او اقل يمكن استخدام عمود خشبي مدرّج (اي مقسّم) وهذا يكون في بعض الاحيان مزودا بكأس لمنعه من الالتصاق بتربة القاع ، وهذه الطريقه هي بطيئه وتتطلب مهارة خاصة عندما يكون القارب متحركا .

في الاعماق الكبيره يستخدم خط قياس Sounding Line ، وهذا هو سلك او زنجير او حبل مثبت في نهايته ثقل من الرصاص على شكل كأس ، ولاجل ايجاد عمق شاقولي يجرى رميه الى مقدمة القارب بحيث يلامس الثقل القعر عندما يكون القارب فوقه مباشرة . وتتباين هذه الاثقال من 2 كغم الى 5 كغم وهذا يعتمد على عمق الماء ، اما اكبر طول للخط فهو 60 م ، ولو ان طول 20 م يكون كافيا عند ايجاد العمق في المرافئ .

يتألف الافراد اللازمون لكذا عمل من طاقم القارب وقائد المجموعه والمسجل ، وفي حالة كون الموقع مثبتا بطريقة التقاطع الخلفي ذو الثلاثة نقاط 3-point resection تدعو الحاجه الى شخصين اخرين على جهازي السكستانت . المعلومات التي يجرى تسجيلها هي عدد مرات القياس وعمق وزمن القياس زائدا زوايا السكستانت ان تطلب الامر .



شكل 6-9

تستخدم معدات قياس العمق بواسطة الصدى Echo Soundings للمساحات الكبيره والتي تحتاج الى مقطع طولي مستمره وهذه المعدات تشمل بشكل رئيس على جهاز مزواة وجهاز استلام ومسجل ، حيث تنبعث نبضات صوتيه من اسفل السفينه عند T (شكل 6-9a) ، وهذا ينعكس عند A ويتم استلامه في R ، ويسجّل الزمن المستغرق . وحيث ان سرعة الصوت في الماء معروفة فعليه يمكن ايجاد العمق . في الواقع يجرى التقاط الصدى العائد على مذبذب oscillator ليتحول من موجات صوتيه الى ذبذبات ذات تردد عالي ، وهذه الذبذبات تكبّر وتحوّل الى تيار مناسب لتحريك قلم على اسطوانة ورقيه دائره . تكون هذه المعدات عادة منظمه على اساس ان معدل سرعة الصوت في الماء تساوي 1500 م/ثانيه . مع هذا ولما

كانت السرعه تتغير بتغير نسبة الملوحه والحراره والضغط لذا يجب اجراء تصحيحا اما على المعدات اوعلى النتائج . كذلك سوف يكون هناك خطأ سببه ابتعاد النقطه T عن R ، وهذا يمكن تصحيحه بطريقة فيثاغورس .

تنعكس معظم طاقة النبض على القاع الصخريه معطية رسما واضحا ، اما على القاع الطينيه فتمتص ويكون الرسم اقل وضوحا ، و بهذه الطريقه يصبح بالامكان التعرف على نوع التربه في القاع . تكون دقة الجهاز بحدود 1 الى 200 .

لمحولة جهاز الصدى TRANSDUCER وظيفة عكسيةو تستخدم لبث واستلام الموجات الصوتيه ، حيث يمكن توجيه الموجات الصوتيه على شكل حزمة عريضة او ضيقه ، اى مخروط بزاوية 55 او بزاوية 6 الى 2° . حيث تعطي الحزمة الضيقه دقة اعلى و هي اقل تعرضللانعكاسات من مصادر اخرى ولكنها يجبان تخمد بكلفة اضافيه . اما الحزمة الاعرض فتعطي تغطية اكبر للمساحه مقللة بذلك خطوط القياس sounding lines و بالطبع فان قطر المساحة المغطاة من قبل مخروط الصوت والذى يزداد بازدياد العمق سوف يحدد المسافة بين خطوط القياس . كما وان للشعاع العريض ضررا هو قياسه لعمق اقل ، بسبب كبر المساحة المغطاة يمكن ان لا يكون العمق تحت الباخره مباشرة وعليه سيكون تفسير مخطط الصدى صعبا . عليا ، يكون استخدام مخروط بزاوية 30° هو الاكثر شيوعا .

كما ذكر سابقا ، تكون معظم اجهزة بث الصدى معيّرة على معدل سرعة الصوت بالماء البالغه 1500 م/ ثانيه بواسطة سرعة مسيطر عليها مقدارها 3000 دورة بالدقيقه . مع هذا ولما كانت السرعه تتغير بتغير درجة حرارة الماء ونسبة ملوحته وكثافته ، لذا يجب تعيير الاجهزه لتقاوم الظروف المحليه . اما الطرق المستخدمه في ذلك وحسب تسلسل شيوعها فهي :

1 — بواسطة التعيير المباشر باستخدام قضيب او هدف يوضع افقيا تحت محولة الصدى باعماق معلومه .
2 — بواسطة احتساب السرعة الموضعيه باستخدام قياسات درجة الحراره ونسبة الملوحه . بعدها تستخدم هذه السرعة الموضعيه الناتجه لاحتساب سرعة التشغيل (دوره/ دقيقه) للجهاز .

وهناك جداولا للتعيير غالبا ما تجهز بها اجهزة الصدى لتسهيل المهمه .

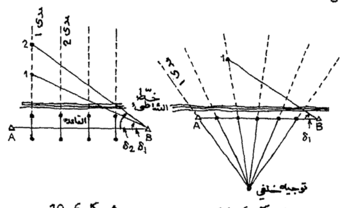
يجب الملاحظه بان اى من الطريقتين ليست هي مرضية تماما ، فالمعدات المستخدمه مع جهاز الصدى هي الترانسيت سونار Transit Sonar التي تؤدى الى جرف سمعي للمسارات بعرض 200 م ، ولما كانت خطوط القياس تبعد عن بعضها بحدود 30 م الى 100 م فان وجود عوارض تحت الماء يمكن تحاشيه بسهولة ، فباستخدام السونار ينبعث شعاع يصنع زاوية قائمه مع مسار الباخره الذى ينتج الصدى منه صورة صوتية لقاع البحر تبين وجود العوارض والتغيرات في شكل القاع . مع ان هذه المعلومات هي فقط نوعية qualitative مع ذلك يمكن استخدامها في تفسير الخطوط الكنتوريه تحت الماء ، كذلك في دراسة مسارات خطوط الانابيب وفي معاينة المساحات المنوى اقامة منشآت فيها .

يجرى الجرف عادة باستخدام سلك متدلي بعمق معلوم H بين قاربين المسافة بينهما 100 م ، متحركين بمسارين متوازيين (شكل 6-9b) وعندما يلامس عارضا يتوقف القاربان و تقاس الزاويه θ . و بهذه الطريقه يتم تعيين موقع العارض .

a) طريقة الحبل العابر ، تسـتخدم حيثما يكون النهر او القناة ضيقه بحيث يمكن مد حبل عبره (الحد الاعلى للعرض هو 300 م) حيث يتم سـحب القارب الى موقع يقاس على الحبل ثم عنده يقاس العمق . هذه الطريقه هي دقيقة نسبيا وهي ضروريه عندما تكون هناك سرع عاليه كما هي الحال بالقرب من شـــلال . من الضرورى ان يربط مســار الحبل العابر باعمال مسح ثابته .

b) طريقة التاكيو مترى ، بالامكان استخدامها في الماء الراكد حيث تمسك المسطره في القارب .

c) طريقة المدى والزاويه الساحليه ، وهذه الطريقه هي مبينه في الشكلين 6-10 و 6-11 . فالمديات هي خطوط توجيه محدده من خلال عوارض على الساحل . فلو بقي القارب على هذا الخط فان زاوية واحده فقط من خط القاعده تكفي لتحديد موقعه . اما الطريقه (b) فتعطي قياسات عمـق اكثف بالقرب من الســاحل .



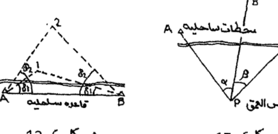
شـــكل 6-10

شـــكل 6-11

d) طريقة المدى وزاوية القارب ، وهي عكس الطريقه (c) وتقاس الزاويه من القارب بالسكستانت .

e) طريقة الزوايا الآنيه من الســاحل ، وكما مبين في الشكل 6-12، حيث يعين الموقع من غير وجود مديات ، فالقارب يوجه بخط مسـتقيم تقريـبـا وتقاس الزوايا في نفس الوقت الذى يقاس به العمق وهذا يتم بأشـارة مسبقة الاتفاق او بواسطة اتصال مذياعي . وهناك طريقة جيده للتحقيق وهي ان تؤخذ رصدات من ثلاث محطات على الســـاحل .

f) طريقة الزوايا الآتيه من القارب ، وهذه تتطلب راصدين يستخدمان اجهزة سكستانت الخاصه بقياس الاعماق ، لقياس زوايا الى ثلاثة محطات ساحلية معلومه (شكل 6-13) . وتقريبا هي اكثر الطرق شـــيوعا .



شـــكل 6-12

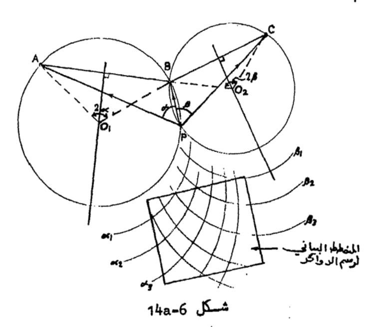
شـــكل 6-13

بالامكان تعيين موقع القارب ميكانيكيا باستخدام "موءشر المحطات Station Pointer "
وهذه هي عبارة عن منقلة دائريه بثلاث اذرع مستقيمة الحافات متجهة من مركزها حيث تكون فيها الاذرع الخارجيه متحركه بحيث يمكن تعيين الزاويتين α و β . فعندما يوضع الجهاز منبسطا على المخطط باذرعه الثلاث مارّة بالمحطات الساحليه الثلاثه فان موقع مركز المنقله يعطي موقع القارب .
يمكن الحصول على نفس النتيجه برسم الثلاث خطوط على ورق شفاف tracing paper وتطبيق الورقه على المخطط بنفس الطريقه .

عمليا ، اكثر الطرق شيوعا هي برسم مخططات الدوائر مبنيّة على مبدأ موضح في الشكل 14a-6 حيث ان تقاطع دائرتين تمرّان بثلاثة محطات ساحليه A و B و C يعطي موقع القارب في P .
فمن السهل روءية ان نصف قطر الدائرة (BC) يساوي $\gamma = \frac{1}{2}$ BCcosecβ وهكذا بالنسبة لقيم مختلفه لـ α و β . فيمكن عمل مخطط لعدد كبير من كذا دوائر تقع مراكزها على العمود المنصّف للوترين (AB) و(BC) . وعند التحشيه بين الدوائر للزوايا المقاسه α_n و β_n يتعين موقع القارب .
فلو حدث بطريقة الصدفه ان تقع النقطة P على محيط الدائرة المارّه بـ A و B و C فسوف لن يكون هناك حلا ممكنا ، وهذه تسمى "الدائره الخطره danger circle " ويجب تحاشيها بحذر . يكون مدى السكستانت بحدود 200 م الى 5000 م بدقة تقترب من ($\pm$ 4) م .

(g) طرق التقابل Subtense Methods ، وهذه تستخدم بكثره في اعمال المرافيء . فالطريقة الافقيه تتضمن قياس الزاويه لنهايتي مسافة افقية ثابته خلال السير على طول مدى متعامد على منتصف القاعده الافقيه ، وهكذا تتغير الزاويه بتغير المسافه من القاعده . وتستخدم الطريقة الشاقوليه لوحة شاقولية مقسّمة الى اجزاء تمثل مسافة افقية معلومه بالنسبة الى زاوية شاقوليه سبق وان تم تعيينها باستقامة اللوحه ، عندها يعيّن موقعه في الماء . ان هذه الطريقه دقيقة جدا بالنسبة للمسافات المتبعه القصيرة نسبيا .

تتضمن هذه الطرق الانظمة البصريه المتبعه في الاعمال ذات "الطبيعه الساحليه In-Shore " بشكل عام .



شكل 14a-6

في كذا عمل تتغير المسافه بين خطوط قياس العمق بتغير قطر مخروط مصدر الصــدى والعمق المقاس .
و هناك التحديدات التاليه في النظام المتبع من قبل القوة البحريه الملكيه البريطانيه بالنسبة للخارطه :

1 – يجب ان لا تزيد المسافه بين خطوط قياس العمق على 10 ملم .
2 – يجب ان لا يتجاوز تثبيت مواقع القارب الـ 25 ملم .

و باستخدام هذه المواصفات مع معلومات العمق وزاوية مخروط الصــدى يمكن تخطيط العمليـــه وتنفــيذها بعنـــايه .

تعيـين المواقـــع الكـترو مغناطيسيا

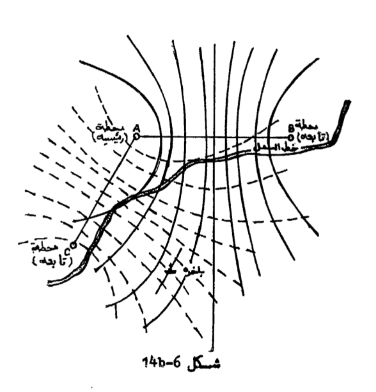
(a) مــدى قصــير ، المعدات هي من نوع المايكروويف المتنقله portable تتألف من وحدتين ساحليتين بعيدتين واللتين تؤلفان خط قاعده ، وتعطيان مسافات مستمرة الى جهاز الاستلام عـلى ظهـر الباخره ، وهكذا فموقع الباخره سيكون عند رأس مثلث اضلاعه الثلاثه معلومه .

هنالك نظامين معروفين هما الـ Decca Trisponder 202A (مدى 80 كم و دقه (±3) م) والـ Tellurometer Hydrodist M R B 201 (مدى 50 كم و دقه ±1.5 م) ، حيث يعمل النظامان على سرع تصل الى 30 عقده بحريه Knot ، و يمكن ايصالهما الى انظمة تثبيت موقع ديناميكيه قادرة على العمل تلقائيا و مجهزة بكافة مستلزمات اعطاء البيانات data output لتشــغيل الحاسبات الالكترونيه وآلات الرسم plotters و مسجلات البيانات data recorders ..الخ .

(b) مــدى متوسـط ، يبين الشكل 14b-6 المحطة الرئيسيه A متحــــده مع محطـــتين ثانويتـــين (تابعتين) B و C واللتين بدورهما تحركان شبكه من الموجات الكهرومغناطيسيـه على شكل قطع زائد Hyperbolic فوق المنطقه . و بمساعدة مقاييس الطور المتواجده على الباخره يمكن تحديد موقع الباخره ضمن الشبكه بواسطة احداثيات القطع الزائد . وبربط الوحدات على الساحل بنظام مســح ملائم يمكن تحويل احداثيات القطع الزائد الى احداثيات جغرافية او متعامده .
هنالك مثال معروف لكذا نظام هو الـ Decca Hi-Fix 6 (مدى 300 كم والدقه تساوى 0.01 من عرض الممـر) . يعطي عرض الممر البالغ 75 م على طول خطي القاعده (AB)و(AC) دقة مقدارها(±0.75) م. ولكن هذه الدقه لا تلبث ان تنخفض كلما ازدادت الخطوط انفراجا عن بعضها .
يمكن تلافي هذا الخطأ باستخدام محطتين ساحليتين مساعدتين واخرى رئيسيه على ظهر الباخره .
وهذا يؤدي الى نشوء شبكة من دوائر متقاطعه بعرض ممر ثابت . الناحية السلبية في ذلك هي انه بامكان باخرة واحده فقط العمل في اى وقت واحد في هذا الترتيب الاخــير .

(c) تعيين الموقع باستخدام القمر الصناعي حسب قاعدة دوبلر Satellite Doppler

اصبح تعيين الموقع باستخدام الاقمار الصناعيه على مستوى عالمي واسع عموما متوفرا في سـنة 1967 عندما تم تشــغيل الجهاز الخاص بنظام القمر الصناعي لبحــرية الولايات المتحده الامريكيــــه .
في الوقت الحاضر ، للنظام دقة توقيع مطلقه مقدارها 1 م الى 2 م و دقة تقل عن المتر للتوقيعات النســبيه للنقاط .

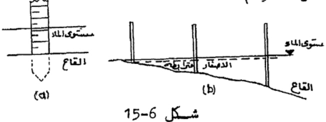


شكل 14b-6

عندما يكون مصدر الصوت وجهاز الاستلام في حالة حركه نسبيه فان تردد الموجه المرسله عند جهاز الاستلام سوف يختلف عن ترددها عند مصدر الصوت بموجب تعبير رياضي خاص ، وهـذا يسمى " تأثير دوبلر Doppler Effect " وهذه هي القاعده المستخدمه في تعيين موقع القمر الصناعي .
وهكذا ترصد الاقمار الصناعيه الدائره من قبل محطات ارضيه مواقعها مثبته بدقه ، ويجرى تحديد المواقع الصحيحه لهذه الاقمار بشكل مستمر ، لذا يصبح القمر الصناعي منارا فضائيا ينقل المعلومات بانتظام محددا بذلك موقعه . فالقارب الذى يحوى معدات ملائمه يستلم المعلومات المرسله ويقيس " فرق دوبلر Doppler Shift " ثم يحولها الى احداثيات جغرافيه محددا بذلك موقعه .
ولاجل الحصول على تفاصيل اكثر لكل هذه الانظمه يجب الرجوع الى مصادر متخصصه .

ايجاد الاعماق Reduction of Soundings

لغرض ايجاد الاعماق ، من الضرورى معرفة مستوى سطح الماء نسبة الى خط اسناد معين ، في الوقت الذى يقاس فيه العمق . ولتحقيق ذلك يستخدم مقياس مد tide gauge ، فيتالف المقياس بابسط حالاته من شاخص مدرج (اى مقسم) مثبت على الساحل او على جدار لرصيف ، وكذا مقياس يسمى " مقياس مسطره Staff Gauge " شكل 15a-6 ، وعادة يربط المقياس بخط الاسناد المساحي بواسطة عملية التسويه المباشره .
وعندما يتطلب مدى المد استقصاء بكامله ، يمكن ان يكون من الضرورى تثبيت سلسله من المقاييس من اعلى مستوى للماء الى اوطأ مستوى له . ويطبق نفس المبدأ على خط الساحل حيث هنالك اختلافات في مستوى المياه (شكل 15b-6) .



شكل 15-6

عندما يتطلب الامر تسجيلا مستمرا للمدود تستخدم المقاييس التلقائيه ، وهذه بصورة عامه تثبت في مراصد للمد على امتداد البلاد ، وتتالف من طوافة معلقه في بئر فيه انبوب ينتهي الى البحر وتحت اوطأ مستوى للماء بكثير ، وتتصل الطوافه بقلم معدني عبر سلسلة من البكرات والتمشيقات بواسطة سلك مرن حيث يجرى تسجيل التغير الحاصل في مستوى الماء بموجب الطوافه عن طريق خط رفيع على بكره ورقيه دائره .
فاذا طلبت توقعات المد لمنطقة ما ، عندئذ يجب اخذ قراءات مقاييس المد خلال فترة لا تقل عن الاسبوعين بحيث تشمل على قراءات لمد كامل وجزر كامل ، ويمكن ان تتم القراءات كل ساعه تزداد الى كل 5 دقائق عند وقت الماء العالي او الواطيء . ولاستخراج الاعماق يجب ان تتم القراءات كل 5 دقائق الى 10 دقائق خلال عملية القياس .
وحيث ان تغيرات سطح الماء هي ليست ثابته ، لذا فمن الضرورى رسم خطا بيانيا احدى احداثييه يمثل قراءات مقياس المد ويمثل الاحداثي الاخر الزمن . وبهذه الطريقه يمكن الحصول على قيم لمستوى سطح الماء عند وقت قياس العمق بالشكل التالي : افرض ان علامة الصفر لمقياس المد هي 1.00 م فوق خط الاسناد المساحي (بواسطة التسويه المباشره) وأن قراءات مقياس المد كانت 1.08 م و 1.10 م عند الساعه 9.00 ق.ظ و 9.10 ق.ظ. على التوالي ، وقد تم قياس عمق 10.00 م لنقطة A في البحر في الساعه 9.05 ق.ظ.

بالتحشيه من المخطط البياني يتم قراءة 1.09 م مقابل الزمن 9.05 ق ٠ظ وعليه فان مستوى الماء في هذه اللحظه نسبة الى خط الاسناد المساحي يساوى : $=1.00+1.09=2.09$ m.o.d.

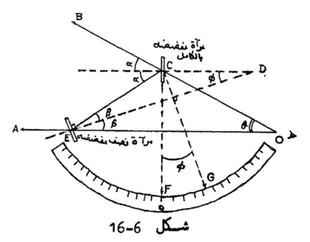
ولما كان عمق الماء 10.00 م فان مستوى النقطه A سيكون :

$= 2.09 - 10.00 = -7.91$ m.o.d.

ولتحاشي استخدام العلامات السالبه يكون من المستحسن فرض قيمة 100 م لمعدل مستوى سطح البحر (m.s.l) وفي هذه الحالة سيكون منسوب A يساوى 92.09 م .

4-3-6 السكستانت (شكل 16-6) Sextant

السكستانت المستخدم في تعيين الموقع لقياس العمق هو نوع متين من السكستانت الاعتيادى وله مدى اكبر للرؤيه ويعمل كما يلي :



شكل 16-6

لاجل قياس الزاويه (AOB) يرصد الهدف في A مباشرة من خلال الزجاجه غير المفضضه في E وتطابق صورة الهدف B على A في الجزء المفضض من المرآة في E وذلك بتحريك ذراع المرآة (CF) الى الموقع (CG) . والان :

$$B\hat{O}A = 2\alpha - 2\beta = \theta$$

$$C\hat{D}E = F\hat{C}G = \alpha - \beta = \phi \quad , \quad \therefore \quad \theta = 2\phi$$

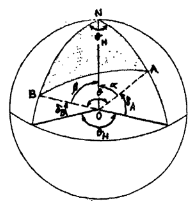
فمقياس السكستانت اذن هو مدرج بحيث يمكن قراءة ضعف الزاويه ϕ وتساوى θ مباشرة . وهكذا فالقوس ذو الزاويه 75° يسمح بتحليل زوايا الى حد 150° الى دقائق من القوس . يجب الملاحظه بان الزاويه (AOB) تقاس بمستوى الاجسام المنظوره .

وهكذا فلو كانت النقطتان A و B مختلفتين بالمنسوب كثيرا يجب تحويل الزاويه المرصوده مع الافق باستخدام قانون المثلثات الكرويه (شكل 17-6) :

$$\cos\theta_H = (\cos\theta - \cos\alpha\cos\beta)/\sin\alpha\sin\beta \qquad \ldots \quad (12\text{-}6)$$

حيث θ_H هي الزاويه الافقيه المكافئه للزاويه المقاسه θ ، وان الزاويتين α و β هما زاويتان شاقوليتان قيستا من الشاقول ، اى :

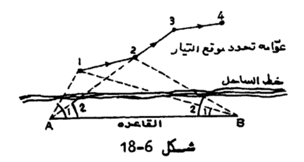
$$\alpha = (90° \pm \delta_A) \quad , \quad \beta = (90° \pm \delta_B)$$



شـكل 6-17

6-3-5 اتجاه وسرعة التيارات Direction and Velocity of Currents

هذه المعلومات هي مهمة جدا بالنسبة للمهندس وخاصة في حالة تصريف المجارى . ابسـط حل هو في ملاحظة موقع وفترة العوم حيث تتجرف بالماء (شكل 6-18) ولو ان السطح لا يسلك بنفس الطريقه التي يسـلكها الماء كجسم ، وهذا بسبب الريح وتاثير التيارات الجانبيه وحقيقة ان جداول المياه العذبه التي تدخل مياه البحـــــر لا تمتزج بسرعه وتسير الى مسافة بعيده بسرع مختلفه . كذلك فانه في اى حجم من الماء تكون اقصى سـرعة له تحت السـطح بمسـافة معيـنه ، وبالنظر لهذه الاعتبارات يجب تصـنيع العوّامات المسـتخدمه بحيث تمـتد تحـت السطح بعمق معـين يكون فيها المؤشر فقط عـــند السـطح . و يمكن تعيـين موقع العوامه باى من الطرق المذكورة سـابقا .



شـكل 6-18

6-3-6 تطبيقات هندسيه Engineering Applications

اضافة الى التطبيقات المعروفة في عمليات خطوط الانابيب وتعيـين مواقع قواعد الآبـار ومسـوحات التجاويف Coring Survey التي تستخدم فيها الاجهزة الالكترومغناطيسيه باسـتمرار . فان ما يلي يوضـح الاسـتخدامات التي هي على نطاق اضـيق :

(1) الجرف بواسطة العربه الشافطه Trailer Suction Dredging ، التي يكون فيها تعيين الموقع مهما جدا ، وتستخدم برفقة جهاز تخطيط المسارات لتحاشي جرف زائد (نقاط واطئه) او جرف ناقص (نقاط عاليه) . وهنا يقع جهاز الاستلام فوق رأس الشفط مباشرة .

(2) الجرف الدقيق بواسطة تركيب ذو كماشه Precise Dredging by Grab Barge

غالبا ما يكون ضروريا لرفع الاجسام الصلبه التي لم يتم رفعها بطرق الشفط ، وهذا يتطلب مسحا دقيقا لتعيين هذه المناطق ثم لتحديد مواقعها بدقه لغرض ازالتها . واخيرا مسوحات ما بعد الجرف لتأكيد انجاز العمل .

(3) جرف العوارض والانقاض Obstacle and Wreck Sweeping ، يكون تحديد مواقع العوارض بالنسبة للطرق المائية المزدحمه مهما جدا بشكل خاص كما هي الحاله في عدد من المشاريع الهندسيه . فباستخدام جهاز باعث الصدى بمخروط عريض وجهاز تخطيط المسارات نوع (Hi-Fix) للحصول على مسارات المسافة بينها 5 م يصبح بالامكان التاكد من عدم ترك فراغات ، فلو كان البحث غير ناجح فبالامكان السير بين المسارات السابقه باستخدام جهاز تخطيط المسارات وهكذا اعطاء مسارات المسافة بينها تساوى 2.5 م .

(4) مسارات العوم Float Tracking ، لتعيين معدل واتجاه التيارات ، من الممكن ان تدعو الحاجة الى معرفة هذه المعلومات عند اعماق معينه تحت السطح ، وفي هذه الحالة تعلق اجسام طياره بالعمق المطلوب تحت العوامة العائمه . للاعماق القليله يجرى تعويم شاخص ذو مقطع منتظم شاقولي بحيث يظهر ما يكفي من نهايته العليا لمشاهدته فقط .

احدى طرق تحديد مسار العوامات هي باستخدام جهاز استلام (Hi-Fix) في قارب صغير يكون فيه هوائي الاستلام مركبا على قدم جانبي . وهناك مؤشر تحت الهوائي مباشرة يساعد في توقيعه مباشرة فوق العوام .

(5) تعيين المسار بطريقة ملاحقة النظائر Isotope Tracking ، وهذه الطريقه تستخدم لمعرفة حركة الترب المتراكمه التي تم جرفها ، كذلك الحركه الناتجه من مصبات المياه الثقيله . حيث يحضر مسحوق الزجاج بنفس حجم ذرات الترب المتراكمه ويجرى تعريضها الى نظائر مشعه ويتم الكشف على اثر الاشعاع بسحب ناثره فوق قاع البحر ، وهذا يتم ايضا قبل التكديس للتصحيح عن وجود اى مادة مشعه في المنطقه . بعد ذلك يجرى تحضير جداول توضح توزيع المواد المشعه باستخدام نظام لتحديد الموقع كجهاز (Hi-Fix)، يكون عمر المواد المشعه قصيرا او طويلا تبعا لفترة الاستقصاء المتضمنه .

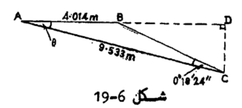
امثله محلوله

مثال 1 ، يبين الشكل 6-19 مثلث وايزباخ في مهواة لنفق فيه (AB) هو خط وسط النفق و C جهاز مزواة . ايضا : $AB=4.014$ m., $AC=9.533$ m., $\hat{BCA} = 0°18'24''$

(1) ما هي الاهداف التي يتم رصدها عند كل من A. و B في قياس الزاويه ($\hat{BCA}$) ؟

(2) اجر الحسابات اللازمه لتعيين نقطة في النفق على امتداد (AB) وما وراء C .

(3) اشرح بايجاز الطريقة التي يعين بها خط الوسط في النفق . (جامعة لندن)



شكل 6-19

الحـل ، (لاحظ جيدا بان الخطين (BD) و (CD) المنقطتين لا يؤلفان جزءا من الشكل 6-19) .

(1) A و B هما سلكان شاقوليان وبالامكان تعيينهما بكل وضوح عندما يوضع وراءهما شاشة نصف شفافه مضاءة (ورق استنساخ) .

(2) باستخدام دقة كافيه : $BC = AC - AB = 5.519$ m.

كذلك : $B\hat{A}C = \theta'' = \frac{5.519}{4.014} \times 1104'' = 0°25'18''$

باستخدام الزوايا القطريه وبفرض ان (AD = AC) : $DC = AC \cdot \theta$

$= 9.533 \times 0.007\,360 = 0.0702$ m.

ايضا : $BD \approx BC = 5.519$ m.

(3) يتم تعيين النقطة D تقريبيا بقياس المسافتين (BD) و(DC) ، بعدها ستضبط استقامة D بالتعيين على السلكين A و B . والان يجرى مد الخط (AB) من النقطة D بالمزواة لتثبيت المحطات في سقف النفق . ويمكن ان تكون هذه المحطات السقفيه على شكل لوالب مثبته ومعلق منها ثقالات شاقول .

مثال 2 ، يتوجب تعيين خط الوسط (AB) للنفق المبين في الشكل 6-20 بحيث يكون باتجاه زاوي معلوم . فقد انشيء مقطع قصير للنفق الرئيس باستقامة خطه التقريبي كما انشيء مدخل الى النفق من خلال ممر يتصل بمهواة . وقد تم تعليق سلكين شاقوليين C و D داخل المهواة واخذت عليهما قراءات بالمزواة التي نصبت في محطة E منحرفة بعض الشيء عن امتداد الخط (CD) . ثم تم تعيين النقطه F في النفق ورصدت هذه النقطه من المحطة E . ولخيرا عينت نقطة اخرى G في النفق وقيست الزاويه (EFG) .
من المسح الذى جرى مبدئيا ، وجدت احداثيات النقطتين C و D كالتالي :

C : N 1119.32 m. E 375.78 m.

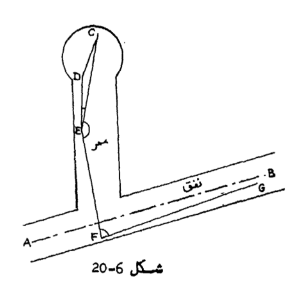
D : N 1115.70 m. E 375.37 m.

اوجد احداثيات كلا من F و G . ومن دون اجراء اية حسابات اخرى اشرح كيف يمكن انشاء خط الوسط المطلوب . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

الحـل ، من المعلومات المعطاة : $CD = 3.64$ m. , $DE = 4.46$ m.

$EF = 13.12$ m. , $FG = 57.50$ m.

$D\hat{E}C = 38''$, $C\hat{E}F = 167°10'20''$, $E\hat{F}G = 87°23'41''$



شكل 6-20

حـل مثلث وايزباخ للزاويه (ECD) : $\hat{C} = \frac{ED}{DC} \times \hat{E} = \frac{4.46}{3.64} \times 38'' = 47''$

بطريقة الاحداثيات : الدائره الكامله لاتجاه القاعدة السلكيه(CD) الزاوى (اى (w.c.b.)

تسـاوى : $\tan^{-1}(-0.41)/(-3.62) = 186° 27' 19''$

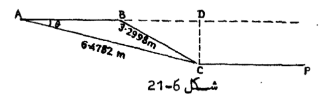
اذن الدائره الكامله لاتجاه (CE) الزاوى :	186° 26' 55"
الزاويه (C$\hat{E}$F) :	167° 10' 20"
الدائره الكامله لاتجاه (EF) الزاوى :	173° 37' 15"
الزاويه (E$\hat{F}$G) :	87° 23' 41"
الدائره الكامله لاتجاه (FG) الزاوى :	81° 00' 56"

الخط	الطول (m)	الدائرة الكاملة للاتجاه w. c. b.	الاحداثيات الجزئيه ΔE	ΔN	الاحداثيات الكليه E	N
					375·78	1119·32 C
CE	8·10	186° 26′ 55″	−0·91	− 8·05	374·87	1111·27 E
EF	13·12	173° 37′ 15″	1·46	− 13·04	376·33	1098·23 F
FG	57·50	81° 00′ 56″	56·79	8·99	433·12	1107·22 G

بالامكان تطبيق عدة طرق لانشاء خط الوسط . مع ذلك ، لما كان الاتجاه الزاوى وليس موقع الاحداثيات هو حرجـا ، لذا فان الاسلوب التالي ربما يؤدى الى احسن النتائج :

انصب الجهاز في G ، وحيث ان انحراف (GF) هو معروف فانه بالامكان انشاء الزاويه المطلوبه من (GF) لتعطي خط الوسط . هذا بديهي ليس على المركز ولكنه الخط الصحيح .
فبالامكان الان تعيين نقاط الوسط في اى موقع بطريقة الازاحات الجانبيه Offsets .

مثـــال 3 ؛ سـلكان شـاقوليان A و B معلقان في مهواة حيث ان الاتجاه الزاوي لـ (AB) يســاوي "30'10°55 وهناك مزواة في C الى يمين امتداد الخط (AB) تم قياس الزاويــه (ACB) "25'20 بواسطتها . وكانت المسافتان (AC) و (BC)، 6.4782 م و 3.2998 م على التوالي . احسب المسافة العمودية من C الى امتداد (AB) والاتجاه الزاوي لـ (CA) والزاويه التي تنشـأ من (BC) لتعيـين (CP) ليوازي امتداد (AB) . شـكل 6-21 .
اشـرح كيف يمكنك نقل الخط (AB) على سطح الارض الى اسـفل المهواة . (جامعة لندن)



شـكل 6-21

الحـــل ؛

$AB \approx AC - BC = 3.1784$ m.

$B\hat{A}C = \frac{3.2998}{3.1784} \times 1225'' = 1272'' = 21'\ 12'' = \theta$

بالزوايـــا القطـــريه :

(CD) يســاوي : $CD = AC \times (\theta \text{ قطريه}) = \frac{6.4782 \times 1272}{206\ 265} = 0.0399$ m.

اتجـاه (AB) الزاوي : 55° 10' 30"
الزاويــه (BÂC) : 21' 12"

اتجـاه (AC) الزاوي : 55° 31' 42"
اتجـاه (CA) الزاوي : 235° 31' 42"

فالزاوية المنوى انشاؤها من (BC) تسـاوي زاوية (ABC) وتسـاوي :

$A\hat{B}C = 180° - (21'\ 12'' + 20'\ 25'')$
$= 179°\ 18'\ 23''$

مثال 4 ؛ لغرض مسح قاع قناة تم قياس الاعماق على مسافات مقدارها 30 م على نظام وحدات مربعـه square grid system خلال فترة صعود المد . كانت الاعماق المستحصله بالقارب يسـير باتجاه A و B و C و D ... و K كما مبـين في ادناه :
عـند البدء من نقطة A كان الوقت 10 ق . ظ وعند الانتهاء في K كان الوقت 11.36 ق . ظ . وعند هذين الزمنـين كانت قراءتا مقياس المد 6.0 م و 12.0 م على التوالي . فلو كان منسوب صـفر المقياس 2.0 م فوق خط الاسناد المسـاحي (o.d.)، اوجد مناسيب القناة عند الخمسة والعشرين نقطه التي قيسـت الاعماق عـندها ، بفرض معدل منتظم لارتفاع مستوى الماء ، كذلك معدل منتظم للعمل من A والى K .

A	3.0	3.2	3.3	3.5	3.6	B
D	7.7	7.3	7.0	6.6	6.3	C
E	8.5	8.7	8.8	9.0	9.1	F
H	10.1	9.7	9.3	9.0	8.7	G
J	7.8	8.0	8.1	8.3	8.4	K

اكتب شرحا موجزا على المعدات المطلوبه وطرق العمل . اذا كانت الطريقة المتبعة هنا هي عرضة للنقد ، اقترح التحسينات . (جامعة لندن)

الحـــل ،

الفترة الزمنيه بين اول وآخر قياس للعمق 96 دقيقه

اذن الفترة الزمنيه بين قياس عمق وآخر $4 = \frac{96}{24}$ دقيقه

مدى المد خلال فترة قياس الاعماق 6 متر

اذن الصعود لكل 4 دقائق : $\frac{6.0 \times 4}{96} = 0.250$ متر

خذ قياس العمق في A :

مستوى سطح الماء في الساعه 10.0 ق.ظ. : $= 6.0 + 2.0 = 8.0$ m. o.d.

العمق : $= 3.00$ m.

اذن منسوب القناة (R.L) : $= 8.0 - 3.0 = 5.0$ m. o.d.

وتكمل بقية المناسيب بنفس الطريقه :

المحطه	قراءة مقياس المد	مستوى سطح الماء	العمق	منسوب القناة
A	6.0	8.0	3.0	5.0 m.o.d.
1	6.25	8.25	3.2	5.05
2	6.50	8.50	3.3	5.20
3	6.75	8.75	3.5	5.25
B	7.00	9.00	3.6	5.40
C	7.25	9.25	6.3	2.95
1	7.50	9.50	6.6	2.90
2	7.75	9.75	7.0	2.75
3	8.00	10.00	7.3	2.70
D	8.25	10.25	7.7	2.55
E	8.50	10.50	8.5	2.00
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
K	12.00	14.00	8.4	5.60

نقـــد : (1) للحصول على افضل النتائج يجب ان يجرى العمل عند اعلى مد او اوطأ جزر حيث تكون الظروف في الفترة التي تسبق ذلك اقل ثباتا .

(2) معدل صعود المد ليس منتظم وعليه يجب اخذ قراءات اكثر لمقياس المد .

تمـــارين

(1) (a) اشرح باسهاب اعمال المسح التى يجب ان تتم لنقل استقامة معينه على السطح الى اسفل مهواة لغرض تعيـين استقامة الاعمال الانشـائيه لنفق جديد .

(b) لتعيـين موقع القارب خلال اعمال قياس الاعماق في البحر عادة تستخدم طريقة تقاطع الثلاثة نقاط الخـلفي three point resection . اشرح باسهاب اعمال المسح المتضمنه في استخدام هذه الطريقه وناقش اية تدابير يجب ان تتخـذ لضمان تعيين المواقع المطلوبه بدقه .

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(2) اشرح كيف يمكنك نقل اتجاه زاوى معين من على السطح الى اسفل مهواة وانشاء خط تحت الارض بنفس الاتجاه .

خطا شـاقول A و B في مهواة المسافة بينهما 8.24 م والمطلوب سد الانحراف الزاوى (AB) على استقامة النفق ، حيث يمكن نصب جهاز مزواة فقط في نقطة C التي تبعد 19.75 م عن B وبضـــع ملليمترات عن امتداد (AB) . فلو كانت زاوية (BCA) تســاوى "09'45 ما هو البعد الجانـــبي العمودى للنقطه C من امتداد (AB) ؟ (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(الجـــواب : 195 ملم)

(3) قيست اعماق من القارب P في الوقت الذى اخذت فيه القراءات بجهاز السكستـانت sextant باتجاه ثلاثة علامات سـاحليه A و B و C ذات احداثيات (0 , 0) و (0 , 850) و (325 , 1375) م على التوالي . وفي احدى المواقع لقياس العمق كانت الزاويتان الافقيتان (APB) و (BPC) تساويان "00'30°41 و "00'20°28 على التوالي ، علما بان القارب يقع الى الشمال الغربي من المسـاحة (ABC) . احسب المسافه بين القارب والمحطه B . حقق حسـاباتك بعمل مرتسـم .

(الجواب : 1220 م) (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(4) المطلوب دراسة التيارات السطحيه حول مصب مجرى مقترح في البحر بعمل مرتسم لانجراف عوّامة اطلقت في الاوقات الملائمه . فلو كان عليا اتباع العوّامة بقارب والبقاء تحت نظر عدد من التضاريس المرتفعه على الساحل بحيث تكون مميزة على مقياس 6 عقده لخارطة مصلحة المساحه . كيف يمكنك تعيـين ورسم انجراف العوّامه ؟ (جمعية المهندسين المدنيـــين البريطانيه)

(5) لاجل ايجاد مقطع عرضي لقاع نهر متأثر بالمد اخذت قراءات من جهاز مزواة ذي شعرتي الستيديا (لقراءة المسافه) على مسطرة مساحه شاقوليه مسـكت في قارب بنفس الوقت الذى اخذت فيه القراءات على قضيب لقياس العمق في القارب وسجلت قراءات مقياس المد على الساحل . لم يكن اسفل مسطرة القياس ضرورة بنفس مستـوى سطح الماء . كما وان قراءة مقياس المد البالغه 3.05 م لها منســوب يسـاوى 4.00 م فوق خط الاسناد . وقد سـجلت القراءات التاليه :

النقطه	المسطره في	قراءات الستيديا (متر)			الزاويه الشاقوليه	قضيب قياس العمق (متر)	مقياس المد (متر)
		فوق	وسط	اسفل			
1	علامة على مستوى الماء	2.844	2.761	2.679	$-5°\ 00'$	—	—
2	قارب	2.094	1.957	1.820	$-5°\ 00'$	2.08	2.50
3	قارب	1.375	1.189	1.003	$-5°\ 00'$	3.56	2.46
4	قارب	0.744	0.503	0.262	$-5°\ 00'$	3.79	2.42
5	قارب	2.804	2.527	2.249	$-2°\ 00'$	3.29	2.38
6	قارب	2.618	2.304	1.990	$-2°\ 00'$	2.22	2.35
7	قارب	2.393	2.033	1.673	$-2°\ 00'$	0.99	2.29
8	علامة على مستوى الماء	1.874	1.487	1.100	$-2°\ 00'$	—	—
—	علامة 3.05 متر على مقياس المد	4.160	3.978	3.795	$0°\ 00'$	—	—

في الجدول اعلاه تقع كافة النقاط المرقمه على خط مستقيم عبر النهر ، وتقع النقاط 1 و 8 على علامة الماء العالي . وقد وضعت المزواة عند احدى نهايتي هذا الخط .
اوجد مناسيب النقاط الثمانيه على قاع النهر وارسم المقطع العرضي المطلوب على ورق مربعات .
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

(الجواب : (1) 3.75 ، (2) 1.32 ، (3) (- 0.18) ، (4) (- 0.46) ، (5) صفر ، (6) 1.04 ، (7) 2.21 ، (8) 3.75) .

ايماء : استخدم القراءه "علامة الـ 3.05 م على قياس المد" لايجاد منسوب مركز المزواة لايجاد منسوب النقطه 1 .



English	Arabic
Spirit bubble	فقاعة كحوليه
Waste	فائض (في التربه)
Back sight	قراءة او رصدة خلفيه
Fore sight	قراءة او رصدة اماميه
Intermediate sight	قراءة او رصدة وسطيه
Breaking efficiency	كفاءة الموقف
Tilting screw	لولب امالة
Footscrew	لولب قدمي
Tangent screw	لولب الحركة البطيئه
Capstan screw	لولب تنظيم
Tacheometer	مبعاد
Bubble axis	محور الفقاعه
Reversal points	نقاط عكسيه
Grade points	نقاط الميل
Intersection point	نقطة التقاطع
Haul	نقل (في التربه)
Station metre	متر - محطه (وحدة نقل)
Underground surveying	المسح تحت الارض
Closed traverse	مضلع مغلق
Mass haul diagram	مخطط نقل التربه
Open traverse	مضلع مفتوح
Link traverse	مضلع ربط
Theodolite	مزواة
Couple	مزدوج
Equinoctial spring tides	مدود الربيع الاعتداليه
Composite curve	منحني مركب
Formation level	مستوى التكوين
Mean square error	معدل مربع الاخطاء
Mean sea level	معدل مستوى سطح البحر
Reduced level	المنسوب
Rate of approach	معدل الوصول
Stabilizer	مقر
Telescope	منظار
Join	الوصل

English	Arabic
Bearing	اتجاه زاوي
Quadrant bearing	اتجاه ربعي
Spot hights	ارتفاعات موقعيه
Coplaning	الانطباق
Leveling	التسويه
Automatic indexing	تأشير تلقائي
Setting out	تسقيط
Centripetal acceleration	تعجيل مركزي
Coordinates' adjustment	تعديل الاحداثيات
Addition constant	ثابت الاضافه
Multiplying constant	ثابت الضرب
Borrow pit	حفرة دين (في التربه)
Damped simple harmonic motion	الحركة التوافقيه البسيطه المخمده
Slope stakes	خوازيق الميل
Strike line	خط ضرب
Horizontal line	خط افقي
Datum line	خط اسناد
Ordinance datum	خط اسناد مساحي
Level line	خط مستوى
Proportional error	خطأ متناسب
Booking error	خطأ تسجيل
Misclosure error	خطأ انغلاق
Osculating circle	دائرة التماس
Whole circle bearing	الدائرة الكامله للاتجاه الزاوي
Standard accuracy	دقة قياسيه
Bench mark	راقم تسويه
Ordinance survey bench mark	راقم تسوية مصلحة المساحه
Temporary bench mark	راقم تسويه وقتي
Face left observation	رصدة وجه يسار
Face right observation	رصدة وجه يمين
Visibility	الرؤيه
Tangential angle	زاوية التماس
Deflection angle	زاوية الانحراف
Angle of intersection	زاوية التقاطع
Apex angle	زاوية الرأس
Sight rail	سكة نظر
Sub chord	شبه وتر
Leveling plate	صفيحة تسويه
Strike	ضرب
Chainage	طول المسار
Through chainage	طول المسار الافقي
Parallax	ظاهرة اختلاف النظر
Analatic lense	عدسة تحليلية
Eyepiece	عدسة عينيه
Formation width	عرض التكوين
Contour interval	الفترة الكنتوريه

قائمة بالرموز المهمه المستخدمه في الكتاب

a.m.v. (angulal momentum vector)	متجه العزم الزاوى
b.s. or B.S.(back sight)	قراءة خلفية او توجيه خلفي
B.M.(bench mark)	راقم تسوية مصلحة المساحه
c.p.(change point)	نقطة تغيير
E.M.D.(electro magnetic distance measurement)	قياس المسافه الكترومغناطيسيا
f.s. or F.S.(fore sight)	قراءة امامية او توجيه امامي
H.P.C. or h.p.c.(hight of plane of collimation)	ارتفاع مستوى النظر
i.s. or I.S.(intermediate sight)	قراءة وسطية او توجيه وسطي
M.H.D.(mass haul diagram)	مخطط نقل الترب
M.O.T.(ministry of transport)	وزارة النقل
m.s.e.(mean square error)	معدل مربع الاخطاء
N.P.L.(national physics laboratory)	مختبر الفيزيائي البريطاني الوطني
P.I.M.(precision indicator of meridian)	المؤشر الدقيق لخط الطول
p.s.e.(propportional standard error)	الخطأ القياسي النسبي
q.b.(quadrant bearing)	الاتجاه الربعي
s.r.(sight rail)	سكة نظر
t.b.m.(temporary bench mark)	راقم تسويه وقتي
w.c.b.(whole circle bearing)	الدائرة الكامله للاتجاه الزاوى

دليل للمصطلحات الانكليزيه

Addition constant	ثابت الاضافه
Analatic lense	عدسة تحليليه
Angle of intersection	زاوية التقاطع
Angular momentum	متجه العزم الزاوى
Altitude bubble	فقاعة الارتفاع
Angular misclosure	خطأ في عدم الاغلاق الزاوى
Automatic indexing	تأشير تلقائي
Automatic level	جهاز تسوية تلقائي
Apex distance	المسافة الرأسيه
Apex angle	زاوية الرأس
Axis of symmetry	محور التماثل او التساوى
Back sight(b.s.)	قراءة خلفيه
Batter board	لوحة ميل
Bearing	الاتجاه الزاوى
Quadrant bearing	الاتجاه الزاوى الربعي
Whole circle bearing	الدائرة الكامله لل-
Base line	خط قاعدة
Bench mark	راقم تسوية
Ordinance survey -	راقم تسوية مصلحة المساحه
Temporary -	راقم تسويه وقتي
Booking error	خطأ في التسجيل
Borrow pit	حفرة دين (في نقل الترب)
Bowditch adjustment	تعديل باودتش
Bubble axis	محور الفقاعه
Breaking efficiency	كفاءة الموقف
Capstan screw	لولب رحوى منظم
Centripetal accelerations	التعجيل المركزى
Change point(c.p.)	نقطة تغيير
Chainage	طول المسار
Circular curve	منحني دائرى
Collimation error	خطأ في خط النظر
Contouring	الاعمال الكنتوريه
Co-ordinates	الاحداثيات
Total -	الاحداثيات الكليه
Partial -	الاحداثيات الجزئيه
Contour interval	المسافة الكنتوريه
Change face	تغيير وضع الدائرة العمودية للمزواة
Closed traverse	مضلع مغلق
Compensating error	اخطاء عفويه تعوض بعضها
Coordinatograph	جهاز رسم احداثيات
Composite curve	منحني مركب
Coplaning	الانطباق
Couple	مزدوج
Cross fall	انحدار جانبي
Datum line	خط اسناد
Datum plane	مستوى اسناد
Ordinance datum	اسناد مصلحة المساحه
Local datum	اسناد محلي

English	Arabic
Deflection angle	زاوية الانحراف
Defective centreing	التسامت الخطأ او المعاب
Diaphram	ميدان النظر في جهاز مساحه
Dip	الانحدار
Full -	الانحدار التام او الكامل
Equinoctial spring tide	المدود الاعتداليه
Error of eccentricity	خطأ في المركز او المركزيه
Error vector	الاتجاه الخطأ
Eyepiece	عدسه عينيه في جهاز مساحه
Footscrew	لولب قدمي
Fore sight(f.s.)	قراءة اماميه او توجيه امامي
Formation level	منسوب التكوين لحفريات ولطريق
Formation width	عرض التكوين لحفريات او لطريق
Formation grade	ميل التكوين لحفريات او لطريق
Free haul	نقل مجاني (في التربه)
Free haul distance	مسافة النقل المجاني
Face left	الدائره العموديه في المزواة يسار المنظار
Face right	الدائره العموديه في المزواة يمين المنظار
Face position	موقع الدائره العموديه نسبة الى المنظار
Grade point	نقطة ميل
Grid leveling	تسوية الاعمال التشبيكيه
Gross error	خطأ مجمع او خطأ كبير او غلطه
Haul	النقل (في التربه)
Over haul	نقل اضافي
Haul limits	حدود النقل
Horizontal line	خط افقي
Horizontal plane	مستوى افقي
Horizontal plate	الطبق الافقي في مزواة او مبعاد
Hight of collimation	ارتفاع خط النظر
Hydrographic surveying	المسح المائي
Internal focusing	تبئير (توضيح صوره) داخلي
Intermediate sight(i.s.)	قراءة وسطيه
Intersection point	نقطة التقاطع
Inverted sight	قراءة مقلوبة او معكوسه
Level line	خط مستوى
Leveling plate	صفيحة توضع تحت المسطرة في التسويه
Line of collimation	خط النظر في اجهزة المساحه
Limit of economical hauls	حدود النقل الاقتصادي
Line of sight	خط توجيه او خط نظر
Link traverse	مضلع ربط
Main chord	الوتر الرئيسي (في انشاء الاقواس)
Mean sea level(m.s.l.)	معدل مستوى سطح البحر
Misclosure error	خطأ في عدم القفل او الاغلاق
Neap tides	المدود والجزور الواطئه
Off shore	في البحر
On shore	على الساحل او في البر
Open traverse	مضلع مفتوح
Osculating circle	دائرة التماس
Parallax	ظاهرة اختلاف النظر في البصريات
Photogrammetry	المسح الجوي
Precess	حركة دوران الجايرو
Prismoidal access	الزيادة شبه الموشوريه
Prismoidal formula	معادلة شبه الموشور
Proportional error	الخطأ المتناسب
Random error	خطأ عفوي او جانبي
Rate of approach	معدل الوصول
Reference meredian	خط الطول المرجعي
Reciprocal leveling	التسويه المتبادله
Reduced level	المنسوب
Resection	التقاطع الخلفي
Reticule	الدائره حاملة الشعرتين المتقاطعتين
Reversal points	نقاط عكسيه
Reversible level	جهاز تسويه عكوس
Sight rail	سكة نظر
Setting out	التسقيط
Slope stakes	خوازيق او اوتاد الميل
Sounding	عملية قياس اعماق المياه بواسطة الصدى
Sounding line	خط قياس اعماق المياه
Spirit bubble	فقاعة (ميزان) كحوليه
Square grid system	نظام وحدات مربعه
Stadia hairs	شعرات قياس المسافه
Stabilizer	مقر او مسكن
Strike line	خط ضرب او خط متجه الطبقه
Standardization of tape	تقييس الشريط
Standard accuracy	دقة قياسية
Sub-chord	شبه وتر
Super elevation	ميل جانبي اضافي
Tangent point	نقطة تماس
Tangential angle	زاوية تماس
Tacheometer	مبعاد (جهاز قياس الابعاد)
Tacheometry	عملية قياس الابعاد
Theodolite	مزواة (جهاز قياس الزوايا)
Through chainage	طول المسار الافقي الفعلي
Three wire leveling	التسويه بـ ٣ اسلاك
Tidal theory	نظرية المد والجزر
Tidal datum	خط اسناد المد
Transducer	محولة جهاز الصدى
Transverse error	خطأ جانبي
Vertical axis	المحور الشاقولي لجهاز مساحه
Vertical curve	منحني شاقولي
Visibility	مدى الرؤيه على الطريق
Waste	الفائض (في التربه)

النسب المثلثية

sin	(ساين)	جيب
cos	(كوساين)	جيب تمام
tan	(تان)	ظل
cot	(كوتان)	ظل تمام
sec	(سيك)	قاطع
cosec	(كوسيك)	قاطع تمام

الخطا و الصواب

....

ملاحظه : صحح الاخطاء قبل استخدامك للكتاب لطفا

ص	السطر	الخطا	الصواب
6	قبل الاخير	الفرق بالمنسوب	الفرق الخطا بالمنسوب
12	شكل 1-9	التسديدات المعكوسه	التسديدات المقلوبه
17	الاخير	وطبية	وطبيعة
23	5	3.746	3.789
23	10	معكوسه	مقلوبه
30	7	(b) اوطا	(b) B اوطا
33	11	النقطه	المنقطه
34	7	هي الاحداثيات التي	هي المركبات التي
42	2	قاعدة متوازى الاضلاع	قاعدة شبه المنحرف
55	11	لاحظ الشكل 2-254	لاحظ الشكل 25a-2
55	شكل 25a-2	مقطع صولي	مقطع طولي
56	قبل الاخير	(EG')	(EG)
58	7	(5)	(4)
58	9	(6)	(5)
66	15	عند A'	عند A_1
71	قبل الاخير	حيث ان e هي زاوية الارتفاع	حيث ان α هي زاوية الارتفاع
71	الاخير	($\alpha_1 \approx \alpha_2$)	($\alpha_1 \approx \alpha$)
80	2	(L.ΔP/ΔL)	(L.ΔP/A.E)
81	قبل الاخير	مقداره (±3)	مقداره (±3")
84	7	σ_A	θ_A
87	5	(+ΔN) و (-ΔE)	(-ΔN) و (+ΔE)
87	12	يكون جمع الى	يكون جمع α الى
92	جدول 3a-3	تعديل باونج للمضلع المفتوح	تعديل باودتش لمضلع الربط
94	14	لكل	لتشريق كل
107	الاول	cos ,sin ,tan	cos θ , sin θ , tan α
107	الاخير	الجهاز و (BX)	الجهاز و (BY) او (BX)
111	15	انفقره 4-1-1	الفقره 4-1
114	2 قبل الاخير	الى ان ($A'C' \approx b \cos\phi$)	الى ان ($A'C' = b \cos\phi$)

الخطأ و الصواب

ملاحظة : صحح الاخطاء قبل استخدامك للكتاب لطفا

ص	السطر	الخطأ	الصواب
126	8	$\widehat{BC} = R \times 2\beta$	$\widehat{BC} = R \times 2\alpha$
128	17	( )	(c)
131	9	او زاوية الانعكاس	او زاوية الانحراف
132	1	$R(1 - \sec(\Delta/2))$	$R(\sec(\Delta/2) - 1)$
136	1	فصل 5-4	فصل 4-5
144	قبل الاخير	ناتج طول المنحني غير موجود	الناتج يساوي 1089م
150	9	$c = R\,l$	$c = R.L$
152	معادله 5-18	3.6	3.6^3
155	1	زاوية الانحراف،	زاوية الانحراف δ
163	8	$\theta_p = \phi_p/3 - N_p$	$\theta_p = (\phi_p/3) - N_p$
172	6	كل ميل على	كل من الميلين على
172	16	(+4)	(+4%)
173	6	الشائق	السائق
173	4 قبل الاخير	3.4 قدم	3.5 قدم
182	5	= 174.752 m.	= 174.754 m.
184	معادله (1)	$4L^2$	$4x^2$
191	4	y=4.000m.	W_2W_u =y=4.000m.
191	5	x=14.000m.	W_uW_1 =x=14.000m.
192	13	الزاويه $(W_2X\ Y)$:	الزاويه $(W_uX\ Y)$:
194	5	لم يثبت رقم معادلة قيمة e_B	رقم المعادله (4-6)
194	6	e_p	e_u
200	معادله 6-11	min. of time	min. of arc
200	3 قبل الاخير	N من المرات	لقيمة N
209	7	Emperical	Equinoctial
210	6 قبل الاخير	جهاز مزواة	جهاز ارسال
217	الاخير	جملة ناقصه	ويمكن تحاشي ذلك بابقاء المحطات بنفس مستوى الساحل .

يطلب الكتاب من المعرب
ص.ب ٦٩٢ بغداد

رقم الايداع في المكتبة الوطنية
ببغداد (١١٨١) لسنة ١٩٨٣

مطبعة الرشيد - بغداد

ENGINEERING SURVEYING

THEORY AND EXAMINATION PROBLEMS FOR STUDENTS

VOLUME I

W. SCHOFIELD
A.R.I.C.S., ASSOC. I.M.E., F.G.S.,
Senior Lecturer Kingston Polytechnic

SECOND EDITION

TRANSULATED TO ARABIC BY
R. L. SHAAN

Consulting Engineer
B.Sc. (Eng.), Assoc. M.I.C.E. (U.K.)
Previously Lecturer at the Intitute of Technology, Baghdad.

Second Print

BAGHDAD 1986



المسح الهندسي ـ الجزء الاول

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

تدرس مادة المسح الهندسي على عدة مراحل لعدد من الاختصاصات الهندسية وقد تكون مادة جانبية للبعض او مادة منهجية اساسية للبعض الاخر وفي كلتا الحالتين فان عبور الامتحان هو الهدف دائما . ان هذه الحقيقة ذات الاهمية الاساسية للطالب قد جعلت في مقدمة الفلسفة وراء هذا الكتاب ، مع ذلك فانه يقدم شرحا واضحا ودقيقا للمبادىء والطرق المتعلقة بالمسح الهندسي وعليه فانه يكون مرجعا عمليا مثاليا لمهندسي المواقع . يستخدم الكتاب وحدات النظام المتري، وكل فصل يحتوي على عدد واسع من الامثلة المحلولة التي تزيد من توضيح تطبيقات النظريات ، كما انه يحتوي على تمارين للحل من قبل الطلاب مع الاجوبة الخاصة بها ، علما بان كافة هذه التمارين مأخوذة من مصادر امتحانية معروفة .

لقد ابقي على الرموز الاجنبية توخيا في ربط المعلومات مع المصادر الاجنبية المختلفة كما ابقي على اتجاه المعادلات وعلى موقع الاشارة لكافة الارقام توخيا في دقة التعبير وتحاشي الالتباس .

مطبعة الرشيد

النسخة ـ/٥ دينار